

المجلد 23 - العددان 10/9
سبتمبر/أكتوبر 2007

SCIENTIFIC
AMERICAN

September / October 2007

مجلة
العلوم

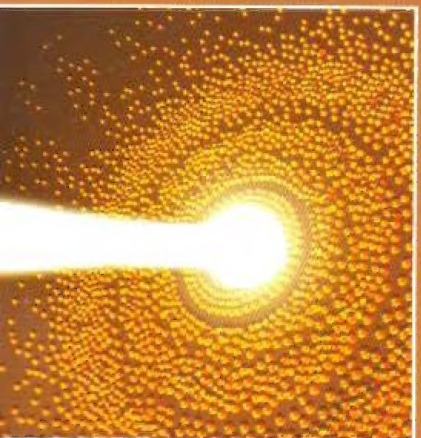
المجلة العربية للعلوم والتقنية
تصدر شهرياً في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي



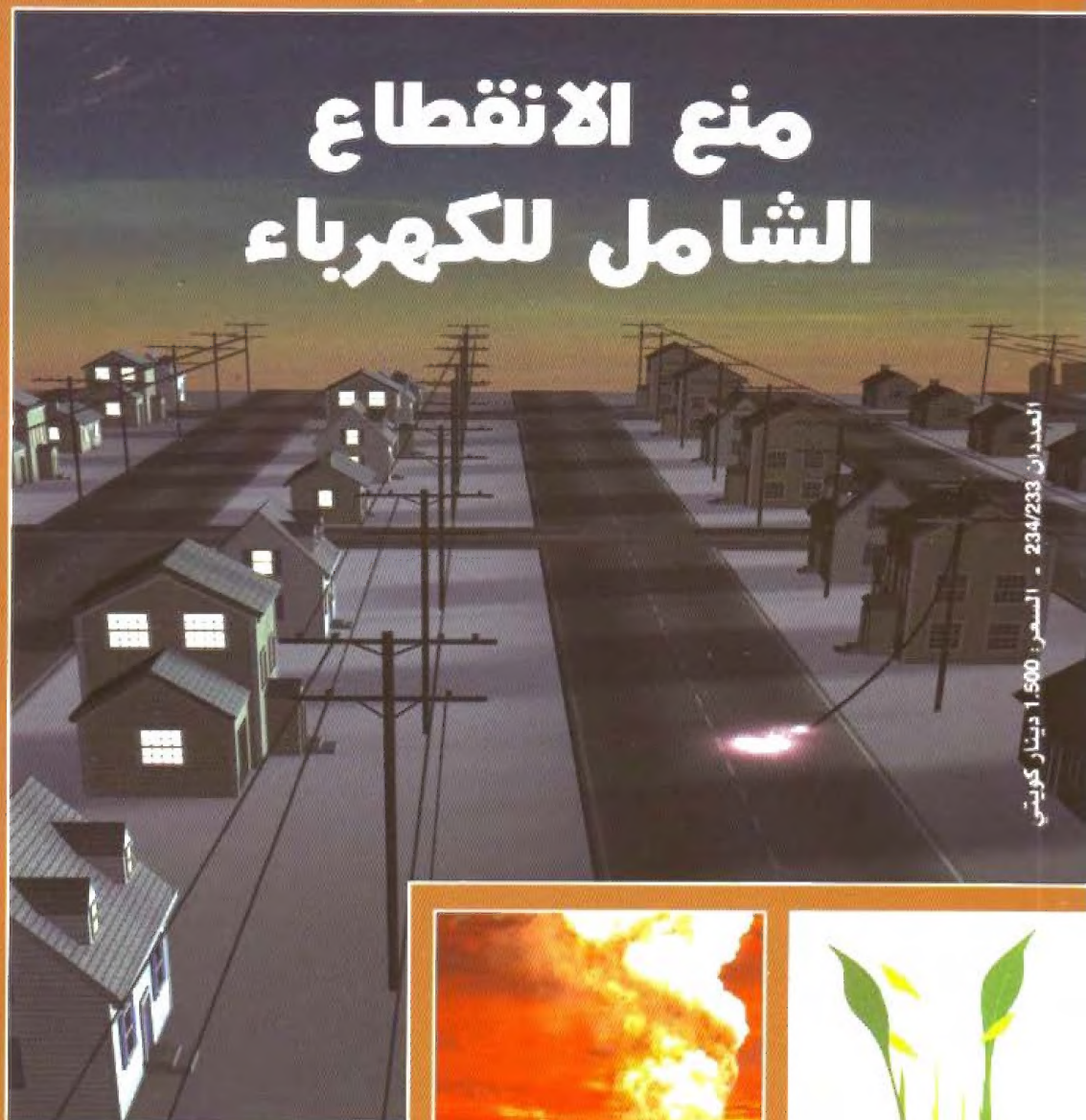
كشف القموض حول التحذير



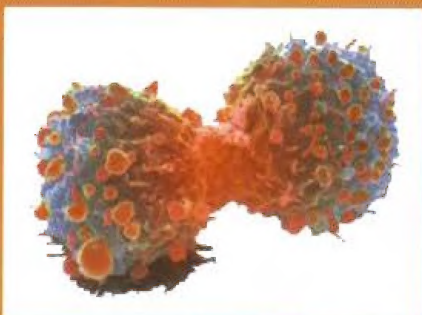
ما مدى ذكاء القرين



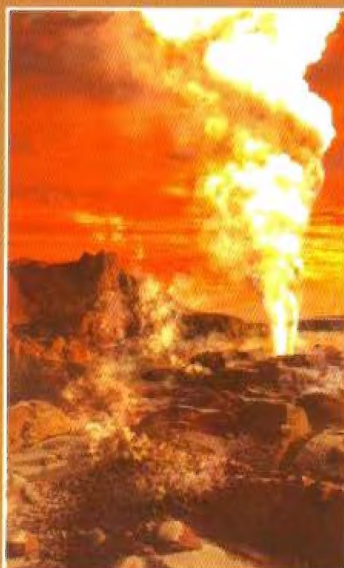
الپلازمونيات ميدان علمي واعد



العددان 234/233 - السعر: 1.500 دينار كويتي



رسم خارقة للجينوم السرطاني



سر الميثان على المريخ وتيتان



التابل المداوي

ترجمة و مراجعة

المقال

علوم الفضاء

سر وجود الميثان على المريخ وتيتان

عبد الفلاح خلال - محمد عواد ناسا

إن وجود الميثان في الغلاف الجوي لكل من المريخ وتيتان، قد يعني وجود حياة و نشاط جيولوجي غير عادي عليهما. وبعد ذلك أحد أعظم الألغاز المحيرة في المنظومة الشمسية



فيزياء نووية

التفتت العكسي للثقوب السوداء

مضال شمعون - يوسف محمود

10/9/2007 - 10/9/2007 - 10/9/2007



يمكن لثقب اسود منفرد، صغر من المنظومة الشمسية في الحجم، ان يتحكم في مصير عقود كامل من المجرات.

اكتشافات

التأثير المداوي

عادل بوفل - كمال الدين الشاذلي
الحديث

يؤدي احد مكونات الكاري (MMA)، املا واعدا في معالجة داء الزايمر والسرفطان وامراض حرق.



سلوكيات الحيوانات

ما مدى ذكاء الغربان

مير الحوروي - عبد الحافظ حسي

10/9/2007 - 10/9/2007

تظهر التحارب الحديثة ان هذه الطيور تستخدم المنطق لحل مشكلاتها وان بعض قدراتها يقارب من حتى يفوق قدرات القردة العليا



طب

كشف الغموض حول التخدير

محمد علي رايووط - احمد الكبروي

10/9/2007 - 10/9/2007

ان معرفة الاسباب التي تجعل ادوية التخدير المستخدمة حاليا قوية جدا و حاداً خطيرة، سوف تؤدي الى انتاج جيل جديد من الادوية اكثر اماناً



طاقة

منع الانقطاع الشامل للكهرباء

ناصر نظري - ليلى العلي

10/9/2007 - 10/9/2007

ان شبكة كهرباء اكثر اماناً وتستطيع بصورة تلقائية التمسك بالطاقرة، يمكنها ان تقلل العدد المتزايد من الانقطاعات الشاملة للكهرباء.



سر وجود الميثان على المريخ وتيتان

إن وجود الميثان في الغلاف الجوي لكل من المريخ وتيتان، قد يعني وجود حياة أو نشاط جيولوجي غير عادي عليهما، ويعد ذلك أحد أعظم الألغاز المحيرة في المنظومة الشمسية.

د. أحمد

من بين جميع كواكب المنظومة الشمسية فيما عدا الأرض، حظي المريخ على نحو قابل للجدل، باحتمالية عظمى لوجود حياة عليه، أما ما عداه أو لآزال قاسمة فهو بنسبة الأرض في نواح عديدة عملية تكوينه والتاريخ المبكر لمناخه ومستودعاته المائية وبراكينه وعملياته الجيولوجية الأخرى وهذا ما يتواءم مع نشوء أحياء ميكروية (محيرية) ونمة جسم كوكبي آخر هو تيتان، أكثر اقمار رحل، الذي عادة ما يُقحم بصورة روتينية في مناقشات حول علم الأحياء خارج الأرض فقد امتلك تيتان في أراحل البدائية من غاصبه، ظروفًا تؤدي إلى تكون حريبات منشرة بشعر، حياة ويعتقد بعض العلماء في احتمال أنه كان ينض بالحياة حينذاك وربما ينض بالحياة الآن.

وبما زاد الهواجس في هذه الاحتمالات، هو أن الفلكيين الدارسين لكلا العالمين قد اكتشفوا عازًا عاليًا ما يقترن بأشياء حية وهو الميثان. انه يوجد في المريخ بكميات صغيرة لكنها ذات معنى ما تبتان فيه، بالمعنى الحرفي، يفوح بالميثان والمصدر البيولوجي (الحيوي) للميثان هو الذي يبدو مقبولًا على الأقل كمصدر جيولوجي بالنسبة إلى المريخ إذ لم يكن كذلك بالنسبة إلى تيتان وربما يكون كل من التفسيرين خلافا في حد ذاته، مما يبين أن ما لنا وحدنا في الكون أو أن كلا من المريخ وتيتان يؤويان كميات كبيرة من المياة الخفية، إضافة إلى مستويات غير متوقعة من الأنشطة الكيميائية ولعل فهم أصل الميثان ومصيره على هذه الأجرام سوف يمدنا بأداة فاطعة عن العمليات التي أدت إلى تكوين وتطور وعلاحة السككي للعوالم الأرضية في النظام الشمسي وربما في عوالم أخرى.

والميثان (CH₄) متوفر في الكواكب العملاقة مثل - المستوي ورحل زيرايوس وبيرون فهو نتاج عمليات كيميائية لمادة السديم البدائي الأولى ما على الأرض فإن الميثان يمثل حالة خاصة وإن كان الميثان يشكل جزءا من 17% جزء من الهيدروجين في الحدد

THE MYSTERY OF METHANE IN MARS & TITAN

ساد الاعتقاد طويلا في احتمال أن يكون المريخ مغرا للحياة، واكتشاف الميثان في جود أعاد بعث هذه الرؤى وسدوا الوجه المرمي للمريخ سائدا بقرينا، إلا من سحب فسمه قليلة، انصاع، ولكن المسار سم عن آثار نووية لنشاط بيولوجي و جيوكيميائي تحت السطح



الطبيعي (هو نفسه نتاج حياة مختصة) ونباتات التحمل الضوئي [انظر الميثان والنباتات وتغير المناخ العلوم العدد ٢ (٢٠١٣) ص ١٦]. وتصنف المراكيز اقل من ١٠٪ من انحرور الكلي للميثان على الارض، وحتى هذه المراكيز قد تكون ببساطة منغدا لتصريف الميثان الناتج من لاعضاء الحية في الماضي وتعتبر المصادر غير البيولوجية مثل العمليات الصناعية، اقل بسية ولذلك فإن اكتشاف الميثان على حرم احر مشابه للارض يقوي بظبيعة الحال توقع وجود الحياة على ذلك الحرم

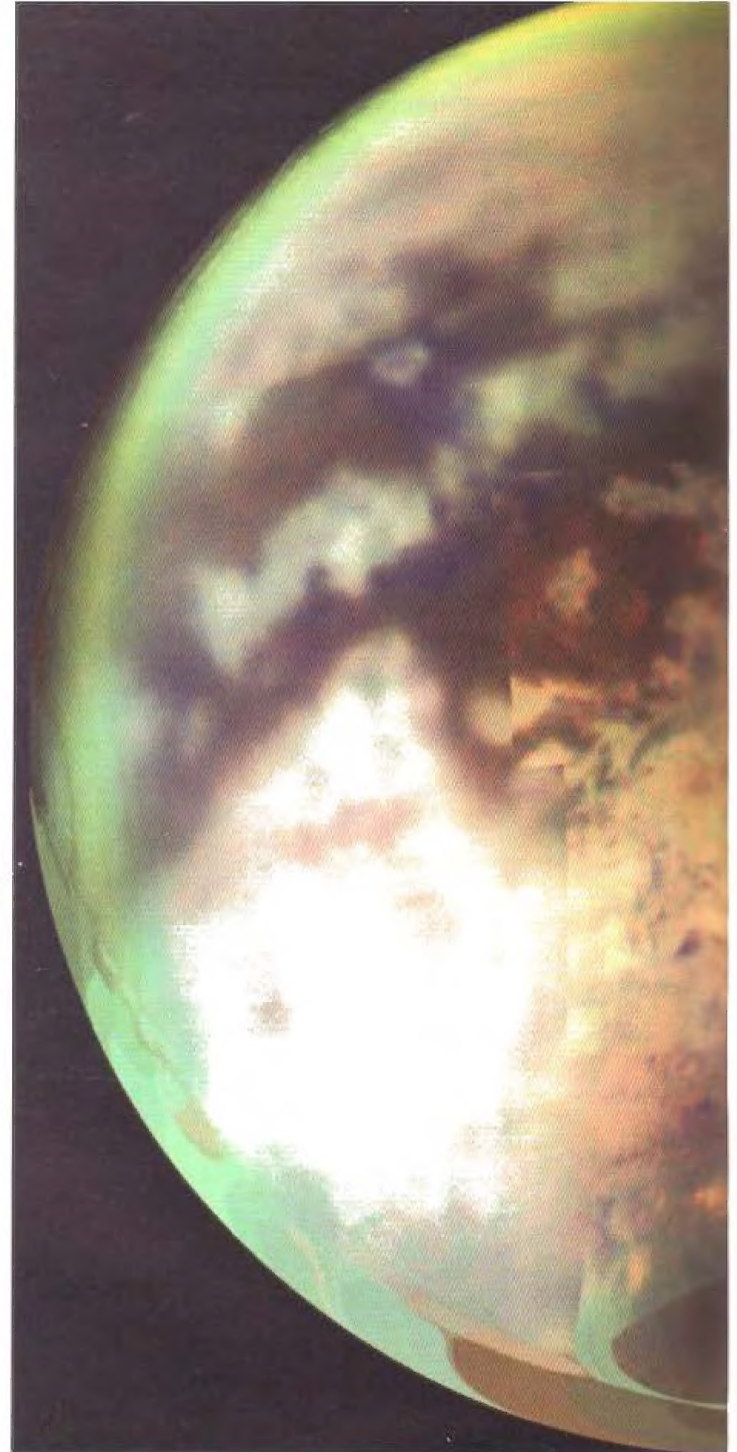
في الهواء الجوي

هذا ما حدث مع المريخ عامي 2013 و 2011، حينما أعلنت ثلاث مجموعات من العلماء، كل على حدة اكتشاف الميثان في الغلاف الجوي لذلك الكوكب وباستخدام مطياف ذي قوة سيز عالية في مدني المقراب تحت الاحمر بهاواي وفي مقراب جيميني بشلي، نجح فريق يقوده ١٠ مؤلفا [في مركز كودارد الفضائي بوكالة الفضاء الامريكية (ناسا)] في اكتشاف تركيزات للميثان بزيادة قدرها 250 ppbv، مع تذبذب في قيمته على الكوكب وربما مع الزمن وقد قام ١٠ فيرميسايمو [من معهد الفيزياء والعلوم بين الكوكبية في روما] ورسلاوه (بمن فيهم انا) بتحليل آلاف الاطياف تحت لحرارة التي سجلتها السفينة المدارية مارس اكسبرس للكوكب المريخ وقد وجدنا الميثان اقل كثيرا في الوفرة وبراوح بين صفر و ١٠ ppbv، مع معدل كوكبي قدره ١٠ ppbv تقريبا، واجبر عام ١٠ كراسنوبولسكي [من الجامعة الكاثوليكية بامبرك] ورسلاوه باستخدام المقراب (التلسكوب) الكندي الفرنسي بهاواي في قياس قيمة كوكبية متوسطة حددت بحوالي ١٠ ppbv، ولم يستطيعوا تعيين التغير على الكوكب بسبب ضعف الاشارة المستقلة وصغر قوة انيز الحيزي

ويقوم الآن فريق روما بتحليل بيانات محاولة تحليل لماذا جاءت قيمتها خارج الحد المعقول ولان، فاني اعتقد ان القيمة ١٠ ppbv هي الأكثر احتمالا فهي تناظر تركيز الميثان (بالحريرات في وحدة الحجم) التي تساوي فقط ١٠ جزءا من المليون من تركيزه في الغلاف الجوي للارض ومع ذلك وحتى وجود الغاز الظاهر للعيان لا يزال يتطلب تفسيرا

ومع ان الفلكيين قد اكتشفوا الميثان على تيتان في اوانل عام 1944، فان اكتشاف البيروجن بعد سرور ١٦ عاما على ذلك كان اضافة عملت على تكوين اهتمام هائل بهذا القمر البعيد البارد ويعتبر البيروجن ميثانا لتكون الجزيئات البيولوجية مثل الاحماض الامينية والنوية ان أي حرم له حرم من اميثان والبيروجن بحيث يكون الضغط السطحي عليه يعادل مرة ونصف ما هو بظيرة على كوكبنا، فانه من المحتمل ان يكون له المكونات الصحيحة لتكوين المواد الحيزية البشرية بالحياة، بل ان البعض قد ناعل حتى في شدة الحياة نفسها

ويؤدي الميثان دورا مركزيا تحكيميا في صون الغلاف الجوي



من الناحية التقنية تعتبر نيتار نابعا لرخس، ولكنه يعتبر كوكبا مكملا بجميع المعاني والمقاييس، فغلافه الشفوخسي كثف من غلاف الارض وسطحه تم تشكيله بواسطة النشاط التكتوني وانهار من ميثان سائل لا حد يعرف بقيا من اثنى الميثان وقد النقط المسبار كاسيني الفضائي في عام 2006 هذه الصورة المركبة بالاشعة تحت الحمراء

ppbv في الغلاف الجوي للارض، فان ما يراوح بين ١٠ و ١٥ في سنة معه هو اصل بيولوجي ودوات الجواهر اكلة الحشائش، مثل لغر والماعز وثيران الصوف الضخمة، تنحسا ونطلق سنويا خمس كسة ميثان الكرة الارضية كنتيجة اضافية مرتبطة بالعمليات البيولوجية المكثيرة في احسانها وهناك مصدر مهمة اخرى تفسر الحمل الابيض ومزارع الارز والمستنقعات وتسرب الغاز

لقطات فوتوغرافية من تيتان والمريخ^(١)

اكتشف الفلكيون الميثان في غلاف تيتان الجوي في عام 1940، ولكن الضباب (الشبورة) الكثيف حجب رؤيتهم السطح. وقد شاهدت بعثة كاسيني-هايجنز المدى الذي وصل إليه الميثان في تشكيل التضاريس.

تيتان



بحيرات
الميثان

140 كيلومتر

أحجام كبيرة من سائل، ربما يكون الميثان، تبدو في صور المسبار كاسيني الرادارية لنصف كرة تيتان الشمالي البعيد. ويبدو السائل داكناً (باللون الأزرق) والسبب نفسه يبدو الطريق المبلل داكناً حينما تتحرك ليلاً. ويعكس سطح السائل الناعم أشعة الضوء العمودية بعيداً عن عينيك. وبالعكس، تبدو المنطقة الجافة الخشنة لامعة. وقوة ميز هذه الصورة 500 متر.



تشكلت قنوات النهر بالميثان السائل المنساب من سلسلة من الأخاديد [بارتفاع حوالي 200 متر] منحدراً إلى قاع بحيرة (جافة الآن). وقد شكلت الروافد على أن الميثان جاء من المطر الساقط. لقد التقط المسبار هايجنز هذه الصورة من ارتفاع 6.5 كيلومتر، عندما كان يهبط خلال الغلاف الجوي.

بالزمن الذي يستغرقه تركيز الميثان لينخفض بمعدل معامل الثابت الحسابي^(٢) أو تقريباً بالمعدل 3 - يراوح بين 300 و 600 سنة، معتمداً على ذلك على كمية بخار الماء الذي يتعرض لتغيرات فصلية، وكذلك على قوة الإشعاع الشمسي الذي يتغير خلال الدورة الشمسية فالعمليات المشابهة على الأرض، تعطي الميثان عمراً يقارب عشر سنوات وعلى تيتان، حيث تكون الأشعة فوق البنفسجية أضعف كثيراً وتكون الجزيئات الحاملة للاكسجين أقل وفرة بصورة جوهرية، يبقى الميثان من 10 ملايين إلى 100 مليون

Over the Methane...

Source: NASA

SNAPSHOTS FROM TITAN AND MARS

البيثروكسيني السمين. لتيتان فهو مبع الصبيب (الشبورة) الهيدروكربوني الذي يمتص الأشعة الشمسية تحت الحمراء. ويمنى طبقة الستراتوسفير بحوالي 100 درجة سيلرية، وكذلك الهيدروجن، الذي يؤدي تصادمات جزيئاته إلى تدفئة نطاق التروبوسفير بمقدار 10 درجة فأذا هرب الميثان، تنخفض درجة الحرارة، ويتكثف غاز البيثروكسين إلى قطرات سائلة ويهبط ذلك الغلاف الجوي ويتغير إلى لاند السلوك الخاص بتيتان فينقسع صبحانه وسحبه، وتتوقف مطار الميثان التي تبدو وكأنها قد شكلت سطحه، وتحت البحيرات والترب والحدائق. وفيه يقع هذه الخلف يصبح سطح تيتان المتشقق عارباً، ويبقى مربياً بوضوح للمقاريف على الأرض. ويقتد تيتان غدوصه وينقلب إلى سحرة ناعم آخر له غلاف جوي رقيق هل كان من الممكن أن يكون الميثان على المريخ وتيتان له أصل بيولوجي، كما هي الحال على الأرض، أم هناك تفسير آخر، مثل التراكيز أو تصادم المذنبات والنيازك بالكوكب^(٣) لقد ساعد فهمنا للعمليات الجيوفيزيائية والكيميائية والبيولوجية على تضيق مجال مصادر الميثان الممكنة على المريخ وكذلك العديد من الأدلة نفسها التي تنطبق على تيتان أيضاً

تحلل بضوء الشمس

إن أول خطوة للأجابة عن هذا التساؤل هو تعيين المعدل الذي يفرص أن ينتج عنده الميثان أو يتم الحصول عليه ويعتمد ذلك، من ثم، على مدى سرعة تحلل الغلاف الجوي منه فبعد ارتفاعات 60 كم أو أكثر فوق سطح المريخ يقوم الإشعاع فوق البنفسجي بتفكيك جزيئات الميثان عن بعضها. وفي أسفل الغلاف الجوي، تُكسر فوتونات الأشعة فوق البنفسجية بروابط جزيئات الماء، التي تعمل على تأكسد الميثان وتكون ذرات الأكسجين والهيدروكسيالات الأساسية (OH)، ويختفي الميثان تدريجياً من الغلاف الجوي وبالأرجح في أعصر الميثان - الذي يعرف

نظرة إجمالية/ الميثان

- تحدث الفلكيون عن الحياة على المريخ على مدى قرن أو أكثر، ولكن تاريخياً ما استحدثت ببيانات ذات جدوى. وهذا الموقف قد تغير عام 2009 مع اكتشاف الميثان في الغلاف الجوي. وهناك بعض العمليات الجارية التي يجب أن نلاحظه إلى الخارج في توازن تحلله المستتر بضوء الشمس.
- قد حصل فيلماطون الاحتمالات في امريخ، الأول هو الفرضيات - نوعياً فيما يلجه البكتيريا التي تشكل الميثان مثل ما يحدث في أحشاء البشر. والآخر هو تفاعل العنصر المائي (المسمى الدورة الانتفاخية أو السرينيتية) الذي يلعب في تفاعلات الإثارة السوداء في لبطان الجبال على الأرض. والاحتمال الأخير يبدو مثيراً للاهتمام. ولكنه ربما يستحق أن يكون اهتماماً كبيراً، وقد سمعت مرة جولة جديدة للانطلاق عام 2009 قد تكون قادرة على التثبت من هذا الأمر.
- وهناك جبل فلم حول امر زحل الآخر تيتان، لقد بين المسبار الفضائي هايجنز في عام 2004 أن الميثان يؤدي على تيتان، إلى حد كبير، الدور نفسه الذي يؤديه الماء على الأرض. وقد ينتج الميثان من تفاعلات كيميائية في مياه خلية (تحت سطحية) شائعة.

يوجد الميثان على الكوكب الأحمر فقط بأجزاء من البليون في الحجم [ppbv]، لذلك لا يُرى مباشرة مثلما يُرى على تيتان. وهناك عمليات تم رصدها يمكنها تدمير الميثان وتكوينه.



المريخ



زراعة ترابية تعطي
خشب الفوهة

3.6 كيلومتر

زوايا ترابية مثل تلك التي كشفتها سفينة مارس جلوبيال سيرفيور في 21 مايو 2002. تحرك حبيبات التراب معا، وهكذا تنشأ مجالات كهربائية ستاتيكية قوية يمكنها أن تمزق جزيئات الماء فتفصل بينها، وتؤدي إلى إنتاج البيروكسيدات المدمرة للميثان.



1 كيلومتر

انسياب مياه جوفيه في ماضي المريخ قد يفسر هذه الحافة البيضاء المرتفعة (السهم) التي اكتشفها حديثا سفينة مارس ريكونيسانس المدارية. فانسياب الماء خلال شقوق الصخر قد رسب المعادن، تماما مثلما يسبب الماء العسر تراكمات في أنابيب المنازل. وحينما تتآكل الصخور المحيطة تبقى المعادن على هذه الحافة. وربما تكون المياه الجوفية قد سهلت إنتاج الميثان.



ضباب
وعيوم

ضباب في غلاف تيتان العلوي يتكون من الهيدروكربونات التي تتشكل عندما يتفاعل ضوء الشمس مع الميثان، ويشبه هذا الضباب الضخبان في المدن. وقوة سيز هذه الصورة 700 متر.

سطح تيتان الذي لم يتم لمحه قبل هبوط المسبار هاجنر عليه في الشهر 2005/2. وربما يشبه حقلا مذكوكا بالصخور، لكن هذه الصخور هي في الواقع قطع غليظة من الجليد في حجم قبضة اليد، وبفحصها عن كثب تبدو علامات التآكل عليها من انسياب الماء وربما الميثان. وبينما يسخن المسبار التربة يرشح منها الميثان.

بيانات الميثان	الأرض	المريخ	تيتان
تركيز جوي	1.750 ppbv	10 ppbv	5 precut
العمر الجزيئي في الجو بالسنوات	10	600	10 ملايين
معدل الإنتاج المطلوب لتحقيق كمية ثابتة (بالأطنان في السنة)	515 مليون	125	25 مليون
الصخور الأساسي	الماشية، النمل الأبيض، المستنقعات، أحواض الأرز، الغاز الطبيعي	المكثرات، تفاعلات الماء والصخور في المحيطات، الطبقات الصخرية المائية	تفاعلات الصخور في المحيطات الجوفية

والخطوة التالية هي تدارس السيناريوهات المحتملة لتكوين الميثان. ويعتبر الكوكب الأحمر مكانا جيدا للبدء، بدلا من فكرة الميثان أنه منخفض للغاية. فإذا لم تستطع الألية المقترحة تفسير حتى هذه الكمية الصغيرة، فمن غير المحتمل أنها تكفي لتعليل كمية الميثان الكثيرة جدا على الكوكب تيتان. ولعمر قدره 4000 سنة، يجب أن ينتج ما يزيد على (1) طن تقريبا من الميثان كل سنة لحفاظ على متوسط سنوي ثابت معدله 10 ppbv. وهذا يعادل ربع في البليون من المعدل المنتج على الأرض.

وكذلك هي الحال على الأرض، فإن التراكيب ليست هي المسؤولة

سنة (وهو ما يعتبر وقتا قصيرا بالمفهوم الجيولوجي) أن عمر الميثان على المريخ ضئيل بما يكفي لكي تقوم الرياح وعمليات التشتت بحلط الغاز في الغلاف الجوي بانتظام تقريبا. وهكذا تعبر التعبيرات المشاهدة مستويات ميثان على الكوكب صغيرة. فقد تكون علامة على أن الغاز يأتي من مصادر محلية أو مخفي في مستودعات محلية، والمستودع المحتمل هو التربة المشبعة كيميائيا، التي يمكنها أن تُعزل في فقد الميثان. فإذا ما عملت تلك مستودعات الإضافية فإن الأمر يحتاج إلى مصدر كسر للميثان لحفاظ على وفرة العنصر المشاهدة.

الميثان على المريخ^(١٠)

بكل الأدلة، يجب ألا يكون للميثان وجود على المريخ. إذ ينمحي الغاز من الهواء بالتفاعلات الكيميائية الموجهة بضوء الشمس أو بعوامل الطقس والعمليات الجيولوجية والفلكية المعروفة لا يمكن أن تستعيضه بسرعة كافية. وهكذا يبدأ ظهور الميثان نتيجة لنشاط غير ملحوظ مثل نفثات الأديخنة السوداء أو الميكروبات المولدة للميثان السابحة في الخزانات الجوفية للمياه.

تحطم الميثان

فضاء

فوتونات الأشعة فوق البنفسجية



تفاعلات كيميائية
تقع بصورة أساسية على
ارتفاع 60 كيلومترا

الغلاف الجوي



التأكسد
يحدث في الغلاف الجوي السفلي



تفاعلات كهروكيميائية
تسببها الزوايا الترابية والرياح

السطح

تحت السطح

الصخر المائي

القشرة العميقة/الوشاح

بالدرجة الأولى عن وجود الميثان، ما يراكم المريخ فقد حدثت لمبات الملايين من السنين إضافة إلى أنه إذا كان البركان مسؤولاً عن الميثان، فإنه يضح كذلك كميات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون في حين أن جو المريخ ممتلئ لمركبات الكربون. والمدد القادم من خارج الكواكب يبدو كذلك ضئيلاً. ويؤكد في الحسبان حوالي ألفي طن من تراب البازك الدقيقة التي تصب إلى سطح المريخ كل عام وأقل من 1% من كتلتها من كربون. وحتى هذه المادة تتأكسد بسرعة ومن ثم فهي مصدر عبر مُحدد للميثان وتمثل المذنبات حوالي 1% بالوزن من الميثان. ولكنها ترتطم بالمريخ بمعدل مرة واحدة فقط كل 60 مليون سنة في المتوسط. وبذلك تكون كمية الميثان المنقولة في هذه الحالة حوالي طن سنوي أو أقل من 1% من الكمية المطلوبة.

هل كان من الممكن أن ميثان قد صدم المريخ في الماضي القريب؟ فربما قد أمده بكمية كبيرة من الميثان. وانخفضت مع الزمن الوفرة في الغلاف الجوي إلى نسبتها الحالية. أن تصادما بواسطة مذنب قطره 200 متر قبل 100 سنة أو مذنب قطره 500 متر قبل 2000 سنة من الجار أنه قد أمد الكوكب بكمية كافية من الميثان ليوري بذلك إلى المعدل العام والشامل الذي تكرر رضده وتحديده بما يساوي 10 ppbv. ولكن هذه الفكرة تجربنا إلى مشكلة لأن توزيع الميثان على الكوكب غير منتظم. والوقت الذي يستغرقه توزيع الميثان بانتظام رأسيا وفاقا هو عدة أشهر على الأكثر لذلك يكون المصدر المديني المؤدي إلى انتظام توزيع الميثان على المريخ مناقضا للأرصاء.

دخان في المائيات

نحن بصدد مصدرين محتملين لإنتاج الميثان. مصدر مائي كيميائي أرضي والأخر ميكروبي. وكلاهما قد يكون أسرا للفكر. فمخاضد الموائع الحرارية المعروفة بنفثات الأديخنة السوداء التي اكتشفت أول مرة على الأرض سنة 1977 في حافة صدع غالاباغوس Galapagos Rift ومنذ ذلك الحين، وجد دارسو محيطات هذه النفثات الدخانية على طول العديد من الأحياد وسط المحيطات. وتبين التجارب المختبرية أنه تحت هذه الظروف المنتشرة عند هذه المنافذ، فإن صخور السيليكات الغنية بالحديد أو المغنيسيوم، مثل الزبرجد الزيتوني olivine و البيروكسين pyroxene يمكنها أن تتفاعل لتنتج الهيدروجين بطريقة تعرف بوحه عام بالدورة الانتفاخية أو السرينتينية serpentinization. ومن ثم يمكن أن ينتج أيثان من تفاعل الهيدروجين مع جسيمات الكربون، أو ثاني أكسيد الكربون، أو أول أكسيد الكربون أو الأملاح المعدنية الكربونية.

مفاتيح هذه العملية هي الهيدروجين والكربون والمعادن (التي تقوم بدور العوامل المساعدة) التي جاب عوامل الحرارة والضغط. كل ذلك ممكن على المريخ أيضا. ويمكن أن تقع عملية الدورة الانتفاخية إما في درجات حرارة منخفضة (500 إلى 400 سيليزية) أو عند درجات معتدلة (30 إلى 90 سيليزية). ومن التقدير أن هذه التدرجات المنخفضة يمكن أن تحدث داخل طبقات الصخور المائية المفترض وجودها على المريخ.

METHANE ON MARS

Sci. Am. 274: 104-105 (1996)

The Search for Life on Mars. By David M. Green, Ph.D. Copyright 1997. Scientific American May 1997.

مصادر الميثان المعروفة

الرياح
يجب أن تقوم بخلط
الميثان بانتظام في الغلاف
الجوي. وهكذا تدفق
التغيرات المشاهدة محيرة.

القرب التيزكي
تضيف كمية ضئيلة
من الميثان.

صدمة المذنبات
تضيف كمية ضئيلة من الميثان.

البراكين
يمكن أن تنفث الميثان إذا تفجرت، ولكنها
تبدو في العادة خامدة أو مضمحلة.

مركبة جواله

مصادر ممكنة للميثان



مناقد ماء حراري
قد تنتج الميثان في عملية من مرحلتين
محتويين على الماء والصخر.



ميكروبات
قد تنتج الميثان باختلاط الماء مع
الكربون الحامل للجزيئات.



كلاثرات الميثان
تخزن الميثان الذي تطلقه الميكروبات
ونقلات الأبخرة، وينقلت منها
تدريجياً إلى السطح عبر الشقوق.

الميثان على تيتان^(١١)

الميثان لتيثان مثل الماء للأرض: مادة تحفر الجداول في السطح، والبرق بالأحجام المتاحة، ويتبخر في الهواء، ليعود أمطارا إلى أسفل. وكما على المريخ، تستنفد التفاعلات الكيميائية ميثان تيثان، لذا يجب أن يعوض النشاطان الجيولوجي والبيولوجي.

الغلاف الجوي العلوي

دورة الميثان

الغلاف الجوي

Diagram illustrating the water cycle. A large white arrow labeled 'تكاثف' (Condensation) points down towards a smaller white arrow labeled 'بخار' (Evaporation) which points up from a body of water labeled 'بحر أو ميثاق' (Sea or Lake). The background shows a sunset or sunrise over the water.

مسار هاجنز

المستطوح

... ..

نواة صخرية

ومع أن عملية الدورة الانتفاخية محدثة الحرارة قد تكون مسؤولة عن انتاج الميثان المريح، فإن احوال البيولوجي تبقى له امكانيات فعالة فعلى الارض. تعمل العضويات البيولوجية الميكروية المعروفة بالميثانوجينات methanogens على توليد الميثان كنتاج جانبي للهيدروجين المستهلك وثاني اكسيد الكربون او اول اكسيد الكربون. فلو ان مثل هذه العضويات قد عاشت على المريخ، فانها كانت سوف تحدث مددا حاضرا من المواد المعدنية لهذه العملية كالهيدروجين (النتج اما من عملية الدورة الانتفاخية او المنتشر في التربة من الغلاف الجوي) اضافة الى اول وثاني اكسيد الكربون (في الصخور او من الغلاف الجوي).

وبمجرد تكوين الميثان، إما بواسطة عملية الدورة الانتفاخية أو الميكروبات فإنه يمكن أن يخرج على صورة كلاً ثرات متمسكة clathrate hydrate، أي كتركيبية كيميائية تحترق جزئيات الميثان كحيوانات في قفص - لنطلق فينا بعد إلى الغلاف الجوي. ربما عن طريق التسرب الغاري التثريحي خلال الشقوق والصدوع أو بواسطة الانفجارات العرضية التي تحفرها البراكين ولا يوجد من يركز كبغية تكون الكلاًثر - بفاعلية أو كيفية وصولها إلى حالة عدم الاستقرار.

نقد اشارت برصاد سفينة مارس اكسپرس الى تركيزات اكبر
ليثيان في مساحات تحتوي على خليط مائي تحت سطحي وقد يقسم
من تناظر عن طريق سياربوهات حيولوجية او بيولوجية فقد توفر
الصخور مائية تحت الثلج مسكنا لخلوقات او موقعا للانتاج
الحيوكيميائي المهدرج لليثيان ومن دون الحاجة الى بيانات اضافية،
تبدو الامكانيات البيولوجية والحيولوجية متساوية في احتمالاتها

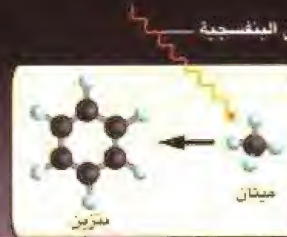
محيط في تستان

من ورهة قد يعتقد المرء ان ميثان تيتان ربما يكون اسهل على لعلم فيها القمر قد تكوّن في سديم فروع لرحل، الذي يحتوي علامة الحوي على كميات هائلة من الغاز وحتى الآن تظهر السيات ان اناج الميثان محليا على تيتان. كثير احتمالا من حب الميثان اليه فالسمار هايجنز Huygens للجنة المشتركة كسيمي - هايجنز، بين وكالتي ناسا والقضاء الأوروبية لم يجد غاز ربون او غاز كريتون في غلاف تيتان الحوي. فلو ان السيات الكوكبية الاولى التي كوت تيتان قد جلبت معها الميثان، لكان من المفروض ان نحلب ايضا هذه الغازات السيلة الثقيلة ان غياب تلك الغازات يدل على ان الميثان في اغلب الاحتمالات قد يكون على تيتان نفسه

لذلك يعتبر وجود الميثان له طبيعة فاصصة على تيتان كما هي الحال على المريخ - من بعض النواحي أكثر من ذلك بسبب كميته الضئيلة (5%) في "الحجم" وهناك مصدر يقول كما هي الحال على المريخ، وهو حدوث ظاهرة الدورة الانتقامية عند درجة حرارة منخفضة نسبياً لقد اقترح، حداً (10) سون، وزملاؤه (2) جامعة باتلر بفوساً أن تيتان ربما سكنه الاحتفاظ بحيط حوفي ساس (نظر المؤخر في هاتين الصفحتين) والامتوتيا الدائبة، التي تغزل كضاد للتجمد، قد ساعدت على حفظه من التحول إلى الحالة الجامدة الصلبة وفي سونجهم، بلدة المصم (3) كما تحت صفة

METHANE CH₄ T_g = 91 K

تحطم الميثان



تفاعلات كيميائية تحطم الميثان، مولدة ضبابا كثيفا (شبورة كثيفة).

صباح

مصادر الميثان الممكنة



ميكروبات قد تنتج الميثان ولكن بكميات ضئيلة فقط.



فهر ميثان

البراكين الباردة تقذف الماء والأمونيا وحبيبات الملح. وقد تنفث الميثان.



كلافتات الميثان

يمكن أن تختزن الميثان في طبقات الملح الذي تكون في ماضي تيثان، ثم ينطلق تدريجيا إلى السطح عبر الشقوق.

ينابيع مائية حرارية

ربما تكونت في الماضي البعيد حينما امتد المحيط إلى اللب الصخري.



سوف تدرس عربة مختبر مارس سينس الجوالة العينات الغازية والصلبة للشواهد الكيميائية في ماضي الحياة وحاضرها

الأحياء، فالنفقوع الحوفي من الماء والأمونيا مع بعض الميثان وبعض الهيدروكربونات الأخرى المشعشعة هنا وهناك، يمكن أن تكون بيئة صديقة لتكوين جزيئات معقدة أو حتى عصا، حبة وهي الماضي البعيد. حينما كان تيتان يبرد فإنه من الممكن حينذاك أن يكون الماء السائل قد غمر سطح هذا القمر.

غذاء عضوي

ومن القياسات الحاسمة التي أمكنها الإسهام في تغيير مصادر الميثان على المريخ وتيتان هي نسبة نظير الكربون. فالحيادة على الأرض قد تطورت بتفضيل الكربون 12، الذي يتطلب طاقة أقل للترابط مما يتطلبه الكربون 13. فحينما تتحد الأحماض الأمينية، فإن البروتينات الناتجة تبدي عدم كفاءة ملحوظة في حالة النظائر الأكثر ثقلًا. وتحتوي الأعضاء الحية على الأرض من 92 إلى 97 مرة من الكربون 12 أكثر من الكربون 13. أما بالنسبة إلى المادة غير العضوية، فإن النسبة العيارية هي 98.4.

الآن المسألة هاجم قد قاس على تيتان نسبة 82.3 في الميثان، وهي تعتبر أصغر، وليس أكثر، من القيمة العيارية غير العضوية الأرضية. وهذه النتيجة تقف شدة ضد وجود الحياة كما نعرفها. وللتأكيد، يقترح بعض العلماء أن الحياة يمكن أن تتبين على تيتان بشكل مختلف عنها على الأرض، أو أن نسبة النظير غير العضوي قد تكون مختلفة هناك.

وحين الآن لم يُعثر أحد نسبة نظير الكربون للمريخ وهذه القياسات تمثل تحدياً جدياً. يكون تركيز الغاز منخفضاً جداً (جزء من المليون) مما هو على تيتان). إن المختبر العلمي الجوال للمريخ (MSL) التابع لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) وتخطط لوصوله إلى المريخ عام 2010. سوف يكون قادراً على إجراء قياسات دقيقة لنظائر الكربون في الميثان وربما في مواد عضوية أخرى. وسوف يدرس أيضاً عينات غارية وصلبة. نكبات كيميائية أخرى في ماضي الحياة وحاضرها. مثل نسبة الوفرة العالية جداً للميثان مقارنة بالهيدروكربونات الأثقل (الأيثان والبروبان والبيوتان) والعوامل السائدة* (أعضوية الجزيئات العضوية طبقاً لقاعدة اليد اليسرى واليمى).

وهناك تساؤل شديد الأهمية بهذه المسائل، وهو لماذا تبدو العضويات غائبة عن سطح المريخ. فحتى مع غياب الحبال والنيازك والمذنبات وحسيمات التراب من الكوكبي فقد كان يجب أن يستقر الكوكب المواد العضوية على مدى ما يقرب من عشرة الذي يقدر -ربما بلايين ونصف المليون سنة- وربما تكمن الإجابة في التوزيع الترابية للمريخ وعواصف الغبار والحرارة لتراقصية المعهودة -لأثرية (حيث تراقص حبيبات التراب المنطانية بواسطة الرياح فيما يشبه رقصة الجملة). وهذه العمليات تولد تيارات كهربائية ساكنة يمكنها أن تحفر التركيب الكيميائي للهيدروكسيد (فوق أكسيد

الهيدروجين) Hydrogen peroxide وكوبه بعد عدة أعين... هيدروكسيد الهيدروجين سوف يعمل على تعقيد الأرض. الحبيبات تسرع من العضويات ويعجل الترسب. بعد من مظهر من مظهرها على الغلاف الجوي سطحا إلى جدران كبريتية معقدة الوفرة المساهمة في الغلاف الجوي للمريخ.

وإيجازاً ما سبق يقوم الميثان كالأصغر بعض على ناسبت بينا بطرق غامضة بعض الشيء. إن وجود الميثان على المريخ حادع بالقدر نفسه وليس أقل من ذلك لأنه يوحي بوجود صور الحياة على ذلك الكوكب والكشف مستقبلي لكلا الحريين سوف يفسر تحديد ما إذا كانا مأهولين من عدمه. ومع أن الحياة كما نعرفها يمكن أن تنتج الميثان، فإن وجود الميثان لا يشير بالضرورة إلى وجود حياة. لذا بحث على علماء الكواكب إجراء دراسة حادة لمصادر هذا الغاز والمكان التي يوجد بها والتركيب النظائري له، وذلك بالتوازي مع الحرييات العضوية الأخرى. ويتلمسوا هذه المكونات في العينات الغازية والصلبة على السوا. وحتى لو وجد أن الميثان ليس له ارتباط بالحياة فإن دراسته سوف تميز بعض الأوجه التي لها أهمية قصوى بالنسبة إلى نشأة المريخ وتيتان والتوازي الماخية لهما وخصائصهما الجيولوجية وتطورهما بصفة عامة.

Organic Food
NASA's Mars Science Laboratory (MSL) rover is
ready to go.

المؤلف

Sushil K. Atreya

هذا وطبقته الفضائية في الفرق العلمية لبعثات فويجر إلى الكواكب العملاقة مستمرا مع سوشيل ك. أترييا وكاسيني هاجم وفويجر أكسبريس ومارس أكسبريس. ويختبر مارس سينس (بعد الإطلاق عام 2009) وجوبو جويتر سولر المدارية 2011 مركز أبحاث على أصل وتطور الأغلفة الجوية ونشأة الأنظمة الكوكبية. وهو استاذ في جامعة ميتسكان في إن آر بير وهو يمثل في جمعية تقدم العلوم الأمريكية، وعالم رائد متميز في حتمير القمم القاعات. ويدين "أترييا" بالتفصيل لكل من "The Times" و "The Economist" و "The New York Times" للمساهمات والتغطيات على سنوات هذه المقالة.

مراجع للاستزادة

Detection of Methane in the Atmosphere of Mars, Vittorio Formisano, Sushil Atreya, Thérèse Encrenaz, Nikolai Ignatiev and Marco Giuranna in *Science*, Vol. 306, pages 1758-1761, October 28, 2004

A Sensitive Search for SO₂ in the Martian Atmosphere: Implications for Seepage and Origin of Methane, Vladimir A. Krasnopolsky in *Icarus*, Vol. 178, No. 2, pages 487-492, November 2005.

Episodic Outgassing as the Origin of Atmospheric Methane on Titan, Gabriel Tobie, Jonathan I. Lunine and Christophe Sotin in *Nature*, Vol. 440, pages 61-64, March 2, 2006

Titan's Methane Cycle, Sushil K. Atreya, Elena Y. Adams, Hasso B. Niemann, Jaime E. Demick-Montelara, Tobias C. Owen, Marcello Fulchignoni, Francesca Ferri and Eric H. Wilson in *Planetary and Space Science*, Vol. 54, No. 12, pages 1177-1187, October 2006

Methane and Related Trace Species on Mars: Origin, Loss, Implications for Life, and Habitability, Sushil K. Atreya, Paul R. Mahaffy and An-San Wong in *Planetary and Space Science*, Vol. 55, No. 3, pages 358-369, February 2007

Sushil K. Atreya's Web page www.umich.edu/~atreya

Scientific American, May 2007

النفث العكسي للثقوب السوداء

يمكن لثقب أسود منفرد، أصغر من المنظومة الشمسية في الحجم، أن يتحكم في مصير عنقود كامل من المجرات.

W. ناكور - H. داناوفا - A. غابيار

المعنية أصغر من قطر المنظومة الشمسية، ومن ثم تكون قدرتها على التأثير في مصير العنقود المجري برهنت أشبه بحال حبة توت صغيرة تؤثر في مصير كوكب الأرض بمجمله.

قضية الغاز المختفي

تسمع هذه التفاعلات بتفسير كثير من الأبعاد المرمزة في الحياة الحضورية للكون ويعرف أحد هذه الأبعاد بمسألة الجريان المتبرّد. ذات العلاقة بوجود غاز حرارته نحو عدة ملايين درجة ويملا الفضاء الواقع بين المجرات ضمن العناقيد المجرية. إذا كانت المجرات ضمن العنقود المجري معاملة للمراكز اندية في المدينة الكونية، فإن هذا الغاز يمثل الضواحي المحيطة بالمدين وكحال الضواحي المحيطة بأكثر المدن الأمريكية، يُعد هذا الغاز أكثر المناطق اكتظاظاً وكثافة فهو يفوق في كثافته جميع نجوم المجرات ضمن العنقود.

ويُصدر هذا الغاز، الذي يتم تسجيله بصورة رئيسية من خلال الانكماش التفاضلي البطيء للعنقود، إشعاع سينية وبطرا العدم قدرة المقاريب (التلسكوبات) الضوئية على رؤية هذا الغاز. ولأن الإشعاع السينية لا تستطيع احتراق الغلاف الجوي للأرض، فإن اكتشاف ودراسة هذا الغاز قد اعتمد على المراصد التي تدور حول الأرض قبل نحو العقدين لاحظ الفلكيون العاملون في مرصد اينشتاين السببي والتابع لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا NASA)، وفلكيو آلات أخرى خاصة، أن الإشعاع السينية التي يصدرها هذا الغاز تحمل طاقة كبيرة جداً، بحيث لا بد للغاز الفائق للطاقة أن يبرد شيئاً فشيئاً ليعود ويسنقر في قلب العنقود، ومنه نسبية مسألة الجريان المتبرّد. كان «غابيار» [أحد مؤلفي هذه المقالة] من الرواد في دراسة هذه الحريات باستخدام مرصد اينشتاين الحاسم، ثم مركبة روسيات ROSAT الألمانية ذات الأشعة السينية أيضاً. ووجد مع معاونيه أنه سيكون لهذه الحريات تأثيرات مثيرة، فلو استقرت لبين سنة لتشكل الغاز المتوضع في المناطق المركزية من العنقود

و رسمت خريطة كبيرة للكون ليدت مثل خريطة شبكة الطرق العامة التي تصل بين الولايات المختلفة في الولايات المتحدة الأمريكية. فالمجرات تتراص على شكل خيوط تتقاطع فيما بينها ضمن الفضاء بين المجري كما تتقاطع الطرق وتوجد بين هذه الطرق مناطق قليلة الكثافة سبباً تمثل الريف الكوني. أما عند تقاطعات الكبيرة - حيث تتقارب خيوط متعددة - فهناك عناقيد مجرية. أو ما يمثل المدن الكونية الكبرى.

إن حجم هذه العناقيد مربعاً فبينما يستغرق الضوء ثانية واحدة ويصل الأرض انطلاقاً من القمر ونحو ثمانين دقائق إذا انطلق من الشمس، فإن الضوء الصادر عن مركز مجرة درب التبانة يستغرق 25 (XX) سنة لكي يصلنا ولكن حتى هذا الزمن يُعد ضئيلاً مقارنة بالزمن اللازم للضوء لقطع المسافة بين طرفي عنقود مجري، والمقدر بنحو 10 ملايين سنة في الحقيقة. تُعد العناقيد المجرية أكبر الأجسام المتماصة ثقافياً gravitationally في الكون ومن الممكن للحيوط الشبيهة بالطرق أن تفوق العناقيد المجرية حجماً، مع أنه لا يمكن اعتبارها، أي الحيوط أجساماً مترابطة ثقافياً gravitally.

إن التماسك الثقافلي يعني أن المجرات والمادة الأخرى ضمن العنقود المجري المكتمل قد استقرت في حالة توازن ديناميكي وتحرك المجرات ضمن هذا العنقود دون أن تفك منه والذي يحول دون انفلاتها هو وجود المادة المعتمدة هذا النوع الغريب من المادة الذي لا دليل على وجوده إلا من خلال آثاره الثقافلية ويسمى عن تفاعل مختلف هذه المكونات داخل العنقود ظواهر عديدة وثيرة، مازال الفلكيون في بداية استيعابها.

وكحال المدن الكبرى على الأرض، ليست العناقيد مخزناً لمجموع لغاطيها لأن السيوررات التي تحدث على مستوى العنقود تفرّج مصير الأحداث التي تقع على مستويات أصغر، كنمو مجرات معينة وتزويد الثقوب السوداء الفائقة الكتلة والموجودة في مراكز هذه المجرات بالعنقود وبذورها، تفت الثقوب السوداء كميات هائلة من المادة بسرعات عالية جداً يمكنها أن تقود تطور العنقود المجري بمجمله وللوهلة الأولى، تبدو هذه العلاقات بين الأشياء الصغيرة والأشياء الكبيرة مثيرة للحيرة فقطر كل ثقب من الثقوب السوداء.

The case of the disappeared gas... BLACK HOLE BLOWBACK...
cluster of galaxies... intergalactic...
widermassive black holes... danmerer...
gravitationally collapse in... cooling flow phenomena...



ليس من الحكمة النظر إلى ما ينفثه ثقب أسود فائق الكتلة. ذلك أن هذا الثقب يولد فقاعات من الغاز الحار الذي تكاليف طاقته طاقة ملايين أو بلايين النجوم المستسعة.

تريليونات من النجوم الحديثة التكوين

ولكن المشكلة الوحيدة هي أنه لم يكن بإمكان أحد أن يجد هذه النجوم. وقد بحث الفلكيون عيماً عن حقائير كثيرة من غاز متبرّد، أو هل قبائل من نجوم حديثة التكوين، ولكن دون جدوى. لو أن ثقباً سوداً استجيباً جميعها لصار ثقله من مقدار تريليون من النجوم، ولكن حتى أكثر الثقوب السوداء لا تبع هذا الشغل وقد ظل باحث حريصاً أثاراً على اعتقاده في أن هذه الثقوب المنزوعة، الكبيرة في الحجم، لم تحدث وهي غير موجودة على المدى الطويل في حد تفسيرات المحتملة لذلك هو أن استعادت الطاقة على المدى الطويل من المحرّة التي في مركز العنقود تجري قد أدت إلى تسخين الغاز ومن ثم إلى إيقاف هذا التبريد الاستعاعي وعلى مدى سنوات قام فلكيو الموجات الراديوية بتجميع الشواهد لمثل هذا النشاط ولكن لم يعرف فيما إذا كانت هذه الانبعاثات قادرة على تزويد طاقة لمنطقة كبيرة في الحشد تكفي لإيقاف الحريانات المتبردة ويبقى الشعر قائماً يجب على الغاز ضرس العنقود أن يتبرّد، ولكننا لم نستطع اكتشاف المنتج النهائي لهذا التبرّد.

كان حل هذا اللغز أحد أهم أهداف إطلاق مقرارين يعملان بالاشعة السينية عام 1994 مرصد تشاندرا Chandra ذي الأشعة سينية والناسخ لوكالة ناسا ومرصد XMM-Newton التابع لوكالة فضاء الأوروبية ولكن الغاز في العنقود ينبعث طاقتهم نحو الخارج بشكل بطيء، سبباً فناءه يحتفظ بسحب للفعاليات التي حدثت في عنقود خلال بلايين السنين القليلة الماضية فعلى سبيل المثال، يحتوي هذا الغاز على العناصر والطاقة التي خلّفت فيه من انفجارات

المستسعات التي حدثت ضمن مجرات العنقود وكحال علماء الأثر الذين يستكشفون الماضي من خلال أحافير (المستحاثات) فإن الفلكيين يستخدمون هذه الثغرات الحديثة لينقبوا في الأسرار والأثر استقبلة من مجرات العنقود من أجل معرفة تاريخها.

فقاعة، فقاعة

إن العنقود الأكثر سطوعاً والذي تم اكتشافه باستخدام الآلات التي تعمل بالاشعة السينية هو عنقود بيرسوس Perseus، وذلك بسبب سطوعه الذاتي الكبير وقربه النسبي إلى الأرض (أكثر 40 مليون سنة ضوئية) لقد اكتشف مرصد روسبات خلال التسعينيات تقديراً كبيراً في الغاز الذي يتم ملاحظته بالاشعة السينية، وذلك في المنطقة المركزية من العنقود والتي يبلغ قطرها نحو 90,000 سنة ضوئية ويبدو الثقبان كساعة رملية متوضعة على المجرة الضخمة NGC 1275 وقد أعاد «فاسيان» ومعاونوه هذه الملاحظة باستخدام مرصد تشاندرا هذه المرة، وقاموا بفحص التقدير بتدقيق أكثر وقد أظهرت بيانات تشاندرا الفجوتين بكل تفاصيلها موضوعاً اصطفاها مع ثقب الموجات الراديوية، التي تمت ملاحظتها سابقاً وأسبغت من مركز المجرة الصغيرة وفجوتاً الأشعة السينية هاتان شيئاً فارعين، بل هما ممنوعان بحقول مغناطيسية وحسيمات عالية الطاقة مثل البروتونات والإلكترونات وترتفع وتعود هاتان الفجوتان الشبيهتان والمحفصتان الكثافة لتضعاً جانباً الغاز الحار الذي

من المجرات العنقود

وتحتوي عناقيد أخرى كذلك على ثقاعات وقد كشفت أبحاث مرصد تشاندرا عن وجود فجوات اشعة سينية بالبعثات راديوية مصاحبة لها وذلك في العناقيد هايدرا A وهرقل Hercules A وبل MWL 2507. وقد كشفت المراقبات كذلك عن وجود ثقاعات مذهلة سواء تمت رويتها باستخدام الموجات الراديوية أو باستخدام الأشعة السينية، مما يدل على أن الحسيمات ذات الطاقة العالية - حلها قد فقدت عالية طاقتها وقد انفصلت الفجوات السخية هذه عن الحركة المركزية، ويمكن أن تكون أثاراً لثقاعات سابقة إن الفعالية الأكبر لهذا النمط والتي تمت رؤيتها عن مرصد تشاندرا، هي ما اكتشفه R R مكنامارا،^[7] الذي يعمل في جامعة واترلو بواشنطن ومعاًوود، في العنقود MS 0735+7421 (وسدعوه

استخدم 10¹⁴ بيترسون - الذي يعمل في جامعة بيردو) وآخرون، ظاهراً تم قياسها بواسطة المقراب XMM لينبأوا بعدم إمكانية حدوث الحركات المتفرقة في العناقيد التي تحوي مثل تلك الثقاعات - وهذا دليل قوي على أن الثقاعات توفد تبرد الغاز. ولكي هذا حلقة مغلقة في هذه الحجة - كيف يتم انتقال الطاقة من الثقاعة إلى الغاز؟

هناك أحادية واضحة عن السؤال السابق وهي أن الثقاعات تولد موجات صدم قوية مماثلة للانفجارات على الأرض وانتشارها في الغلاف الجوي. فعندما تنفخ المادة الصلبة للطاقة والناحية عن الانفجار، تدور الغلاف الجوي سرعات فوق صوتية، فاتها تحترق معها الهواء المحيط بها لينتج غلافاً رقيقاً حولها ويسبب الاصطدام بين الحسيمات المتحركة تحول الطاقة الحركية إلى حرارة. وكذلك فقد تمت ملاحظة موجات صدم قوية ضمن طواهر كوسية مبعودة، مثل

إن قدرة ثقب أسود على التأثير في مصير عنقود مجري برمته أشبه بحال حبة توت صغيرة تؤثر في مصير كوكب الأرض بمجمله.

ثققات، انفجارات المستعرات

ويقال إن H II سبيل - لاحظ أنه لكل مسلة معقدة هناك أحادية واضحة وبسيطة ولكن حاصلة - وليسوا الخفا، يبدو أن ظاهره تسحب غاز العنقود من خلال موجات الصدم القوية تنطبق عليها هذه الملاحظة فالتقارب لا ترصد إلا من تلك الأعلة الرفيعة الحرارة التي كان سيولتها هذا التسحب. ومن المحتمل أيضاً أن يكون التسحب من سلة موجات الصدم القوية مشتركاً على المناطق المركزية من العنقود بصورة لا تكفي لإيقاف تبرد غاز العنقود الذي يحصل على طاقة واسع.

يبدو أن هناك آلية أكثر احتمالاً لنقل الطاقة وهي التسحب عن الموجات الصدمية فقد يكون الغاز من المحرات داخل العناقيد مولدلاً وقليل الكثافة بالنسبة إلى عناقيد السرية (مهم مكافئ لوجود بضعة آلاف من ذرات الهيدروجين لا غير في النمر المكعب)، ولكنه لا يزال يسمح بانتشار الموجات الصوتية فيه وتطور هذه الموجات لتصبح موجات صدم ضعيفة تكون بالكاد فوق صوتية ونقوم بتسحب لطيف الغاز.

ومن خلال معالجة خاصية عنقود بيرسون وجد مايلز وبغابرو^[8] أن دفع الغاز في هذه العنقود، إلا وهم وجود مستقلة من الموجات الوحيدة المركز تقريباً تتغير كثافة الغاز وقبضة ضغطه بشكل فجائي عند التمرح الأقرب إلى الداخل، في حين لا تعاني درجة حرارته هذا التغير عما يدل على كونه موجة صدم ضعيفة وتتغير فيه الكثافة والضغط بشكل تدريجي عند الموجات الخارجية الأبعد. مما يدل على كونه موجات صوتية وتقتضي المسافة الفاصلة بين الموجات (35000 سنة ضوئية) وحساب سرعة الصوت في هذا

ختصاراً MS 0735) ومع أن صورة هذا العنقود ليست موضوع صورة عنقود بيرسون فأنها تحسب قصة مذهلة. يبلغ قطر كل من فجوي الأشعة السنية لعنقود جو 10000 سنة ضوئية أي أكبر بسبب مرات من قرص مجرياً درب لتناية. ويدل هذا هاتين الفجوات وكثافتاهما الملاحظتان ودرجة حرارة الغاز المحيط بهما على أن عمرهما يبلغ نحو 100 مليون سنة صوتية، وعلى أنها لنحترق على طاقة حركية ضخمة مكافئة لطاقة 10 ملايين من المستعرات. وحتى الفلكيون الذين اعتادوا التعامل مع البلايين والتريليونات يصدمون بالدهشة من ضخامة هذه الثقاعات وما تمثله من طاقة عملاقة. وهذه الطاقة تكفي لحل لغز الجزيئات المتبردة وفي الحقيقة فقد

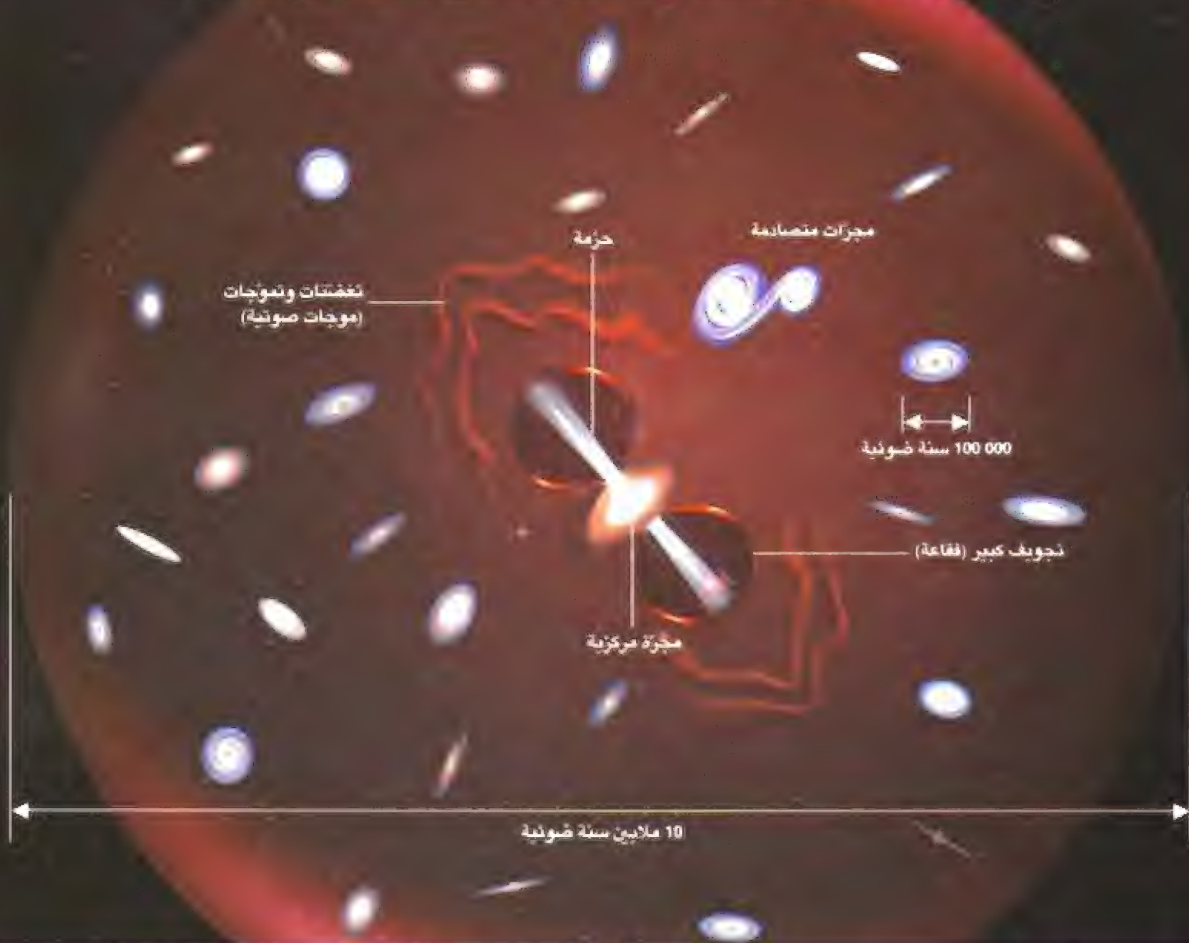
نظرة إجمالية/ثقاعات عملاقة

- اكتشف الفلكيون، من خلال استحداثهم تقارب تعمل بالموجات الراديوية وبالأشعة السينية، ثقاعات ضخمة تحوي حسيمات عالية الطاقة ويزيد قطرها على مئات آلاف السنين الضوئية ويتجاوز المقدار اللازم لتكوين هذه الحسيمات حداً يفوق الوصف والتصديق كما تو أن 100 مليون نجم ضارت مستعراً دفعة واحدة.
- الشيء الوحيد القادر على تكوين مثل هذا العملاق هو ثقب أسود ضخم. فليس كل ما يقترب من الثقب الأسود فصبود الفناء، إذ إن الغاز الحار والمضطرب الذي يدوم بشكل قرص سا - نحو الثقب الأسود، يخضع لقوى كهرومغناطيسية أجدة بالسمو تلفظ قسماً من الغاز خارجاً على شكل نفث ضيق.
- لا تكون النفث ثقاعات فحسب، بل إنها تمنح الحرارة والطاقة المغناطيسية إلى الغاز الواقع بين المجرات ضمن العنقود المجري مما يسمح بتفسير أحجيات في الفلك استعصى حلها إلى الآن ويبدو أن هذه السبرورة هي جزء من دورة تستغرق عدة ملايين من السنين لانفامها، وهي ما تنظم نمو المجرات الفائقة الضخامة في مراكز العناقيد المجرية.

1- انظر: "العلماء يكتشفون ثقباً أسوداً"

تشرح بنية العنقود المجري

إن أكبر الأشياء التي تستحق أن تُسمى «أشياء» هي العناقيد المجرية. ويتألف العنقود من نحو 1000 مجرة تجول وتدور ضمن كرة من الغاز الحار (اللون الأحمر) مثل النحل في خليته، في حين تمنعها الثقالة من التبعثر. وتوجد في مركز العنقود مجرة ضخمة - حيث تحدث في هذا المركز أعنف التسيرورات الفيزيائية في الكون الحديث.



عندما تحمل الأشعة السينية الطاقة للخارج، يتبرّد الغاز في العنقود ويبدأ بالتدقّ نحو الداخل. ومع مرور بلايين السنين، لا بد أن تتشكل نجوم جديدة من هذا الغاز المتبرّد، ولكننا لم نر إلا ما ندر من مثل هذه النجوم.



تفسّر دورة التسخين والتبريد سبب عدم رؤيتنا لتلك النجوم. وتعيد نفوثة الثقوب السوداء الطاقة إلى الغاز وتوقف بذلك تدقّ هذا الأخير نحو الداخل.



(10) كيلومتر في الثانية) (100 ميل في الساعة) المولدة للموجات. وكافى التوسيع خمسة أضعاف هذه الموجة حتى يتكون في السلم الموسيقي الذي يدعى علامة دو، المركزية 440 وكاف (سلم موسيقي) وما يقصر هذه الموجات الصوتية من عدوية موسيقية يتم التعويض عنه من خلال طاقتها وقوتها.

وبالاحاطة الموجات نفسها في عقود غير كوكبية 1000 وهو العقود الانبعاثات حيث تفصلنا عن مساحة 1000 ميل في سرعة صوتية تقريبا 100 ميل في الساعة. ومعاديه التي مركز هارولد سينيوريان للفيزياء، التكملة باستخدام سرعته مباشرة من روية الحركة المركزية 100 ميل في الساعة صوتية هذا العقود لقد وجدوا انما من التي السلوكية كل منها تعرض 1000 سنة صوتية بطول 1000 سنة صوتية ومن الممكن ان تكون هذه الاسلاك، كحال الموجات في عقود بيرسوس ناتجة من موجات صوتية ولدتها سلسلة من فقايعات ناهضة تدورها عن اعجازات نحو الخارج - وتغسل من الواحد منها والاخر الذي فيه فترة ستة ملايين سنة وهكذا نعر الدرجة الموسيقية لهذه الموجات الصوتية مقدار (وكاف اسلم) واحد عن مثيلاتها في عقود بيرسوس وكذلك اكتشف فريق فورمان، اماعات ساحبا على شكل حلقة نصف قطرها نحو 40000 سنة صوتية ومن الحاضر ان تكون حبة لوحة صدم ضعيفة كما وجدوا باستخدام الاسعة السيسية فجوة صغيرة بعد مرور 70000 سنة صوتية عن مركز المجرة.

وتغير السؤال الان وصيغ يتعلق بكيفية قيام ضافة الموجودة في الموجات الصوتية بتسخين الغاز وقد يكمن السر في عدم تغير درجة حراره الموجات الداخلية في عقود بيرسوس عبر حبة الصدم ويمكن لنقل الحرارة ان يحمى معه بعيدا وبسرعة طاقة حسست الغاز التي سميتها موجات الصدم او يمكن للالكترونات ذات الطاقة العالية التي تحدث من الحثثات او قلت من دور موجات ان تتسارع وتطلق بعيدا لتسخن الغاز واي من السيزون في درجة الحرارة عند حبة الصدم من الانبعاث.

عناصر كهرمغنطيسية

مع ذلك، فإن السؤال الأكثر هو ما سيد وجود الفقايعات المادية هناك نوع واحد من الانبعاثات يمكن علينا ان يولد مثل هذه المقادير الكبيرة من الطاقة وهو نفث اسود فائق الكثافة ومع ان عالسة الناس يفكر بالتقويم السوداء على انها التواليع البروة عنها يمكن كذلك ان يصنع المادة ثم ينفذها خارجا بسرعات كبيرة وتبقى المادة تتلعة بكيفية عمل التقويم. لذلك موضوع بحث ودراسة مكثف في حسابات انماضية.

وتبين سيوروات المحاكاة ان النفث الاسود يمكن ان يوردي دور محرك عملاق فالغاز الذي يسقط داخل هذا المحرك يزيد من سرعة دورانه، وعندها يحول الحفول المغنطيسية هذه الطاقة الدورانية الى حركة حلزونية مسببة قذف جز من الغاز. وبال علم افترض هذا

السياروي في اواخر السبعينات هو 1000 مالا نفود. [في جامعة ستانفورد] و [زاجيب] وكان عندها في جامعة كامبردج تم ترك العائد الاكاديمي من حيثها ان نفث الاسود الدور سيد على حبة سبيج خضراء حوله مما يحمى الحفول المغنطيسية في الغاز. تساقط الداخل على انحاء شكل قمع، فحصل على انحصار كهربى مغنطيسي يقذف خارجا حفولا وحبيبات مسدودة ضمن نفث متعاكسين اما الثقوب الدوارة بسط فتشقق بقوتها ضعيفة فتستمر غالبية الغاز اساقط في طويقها نحو النفث. نفث الى الان وبالحالة لذلك، تطلق الحفول السوداء السريعة التدويم ربع العار اساقط تقريبا نحو الخارج.

ويتمتع التقويم السوداء الخاصة بكثافة وتنووعة في مركز الحفول من يوم حلال انبعاثها لكثافة غير اسماعها للغاز وعندها يتلغ الخطة كمية كافية من الغاز بحيث تتضاعف كثته من نفث او حدة الخارجي يسعى ان يتحرك دورانيا بسرعة فريية من سرعة الحبو. ووفقا لنظرية استناب في السيسية لا يمكن لتقويم ان يصل الى سرعة الصدم، وهذا كانت كمية الغاز التي التقى بها، ومن ثم فإن في قطرة اصنامية مكثفة من الغاز سيذم عنها تأثير متدنصر وتؤكد هرق ستوعة في لرصد من حل تقويم تدويم التقويم اسود ان كسور من هذه الاحيرة تدور حول نفسها بسرعة كافية لاطلاق نفث قوية وفي السياروي الساق وبشكل لطاهرة مماثلة ان تحدث على السيزون اصغر من تقويم السوداء، الفحسية لكثافة، ان التي تقارب كثتها كثافة تدوية من السموس (عوضا عن ملايين منها) يمكن ان تضع خارجا نفثا قوية من جسيمات سرعات قريبة من سرعة الضوء. مثل بسط الغاز المحيط وبذعة جاذب.

ويبين الحسابات ان نفث التقويم السوداء لها مركز كثف اساسيان تدفق اعلى مادي للخارج وينتشر بسرعة مقاربة لتلك سرعة الضوء. مسكلا الغلاف الاعد من الضع اما الموجة الاخرى فهي الخطة الداخلية على طول محور الضم وحسوي على غاز. محلل لحسيمات بطاقات عالية جدا ان المنطقة الداخلية هي ع يحمل القسم الاكبر من الطاقة ويخلق النفث الدرامية التي يراه فلكي الاشعة السينية او الموجات الراديوية.

ان حتى هم الحصاص الداسة لعقود التقويم السوداء هذه هي قدرتها على تحاطة على شكل قمع الرصاص الذي لها حتى بعد اختيارها تساعد من رسة مئات آلاف السنين الضوئية بعيد عن نطاق حراتها الاولى بكثير واصافة الى ذلك، فتخرج النفث في تحقيق هذا الامر وهي بالكاد تسعة متقاربان من الضافة التي تحسبها ومن شكل لصعظ الغاز قرب النفث اسود ان يولد نفث على شكل حزمة ضيقة، ثم يقوم الضوم الداني دابعا. نفث ضيف تشاب كما يستقر الماء من ظروف سقابة وكما يتدفق السحاب من علامة السحاب ذات الصعظ العالي وكذلك يمكن لحفول المغنطيسية الشفافة والتمرصة التي تطلق خارجا مع النفث ان يوردي دورا في تحقيق هذه الخاصة.

وعرض النظر عن آلية الاحتجاز، فإن ضغط الغاز الذي يتحرك ضمن



ليست الثقوب السوداء مجرد بواليع كونية، بل إنها أيضاً محركات تحول الطاقة الدورانية إلى حركة خطية. وتنقل المادة الساقطة نحو الثقب تدويرها إلى تدويم الأخير، مما يجعل حده الخارجي يتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء. وعندئذ يُقَمَّع "الحقل المغنطيسي للثقب بعض المواد الساقطة نحوه وينفثها خارجه. ويمكن للثقب سريع التدويم أن يُطلق وحدة غازية من أصل كل ثلاث وحدات يلتهمها.

حركة الغاز



في هذه الأحداث التي تحصل على مستوى العنقود المجري تربط واحد السياربوهات نحتطة هو الآتي في البداية، يكون تعار في العنقود المجري حاراً جداً ويكون الثقب الأسود القمايق لكتلة الموضوعة في محارة صحمة هادئة. وخلال نحو 1000 مليون سنة يمر العنقود الموجود في المناطق المركزية للمجرة ويبدأ بالانصراف نحو المحارة المركزية في حريان مستمر. ويتكاثف قسم من هذا الغاز في الحريان مستقر، ليستقر بحولاً تصبح لاحقاً جزءاً من الحارة المركزية. في حين يعوض قسم آخر ويكمل الطريق إلى احده لينغذي الثقب الأسود القمايق للكتلة. وعبر هذا الفعل، يخلق العنقود قرص اسرارة للثقب. ويؤدي إلى إطلاق نفوت بطاقة عالية

حتى سيفرض نفسه لتدوير الثقب وتعرض وسفح مكونة عيون ضخمة من الجسيمات ذات الطاقة العالية والمضعة. ويستقر هذه العيون في اتجاه مريحة للعنقود الغاز. حيث تحقق تلك الفوتونات ثغرة التي تم صرفها لسببية في الحارة مستقر.

الدورة الهيدرولوجية الكونية

في الأحداث المتعاقبة - التي تبدأ مسفوط عاراً - حل ثقب سود سريع التدويم ليمسح عن تلك نفوت ضخمة تتحرك نحو الخارج - ففانعات عملاقة من جسيمات طاقات عالية تقود بتسخير - على ر سعة من الفضاء - سفل سيفرزه ثقب عكسي لاسد كونيية - من الثقب الأسود لا يستجيب لمجسم للأحداث من يترى حارة

Source: NASA, ESA, and the Hubble Space Telescope

Source: NASA, ESA, and the Hubble Space Telescope

التابل المداوي

هل يمكن لأحد مكونات الكاري *curry* أن يعالج الأمراض، من داء الزايمر إلى السرطان؟

د. سحر

كان للسحت عن دوية جديدة من خلال تصفح دساتير الأدوية السعوية القديمة أو من خلال التخطايات في شيا. أمسي في العالاس، قصة تاريخية متسعة ومعالجة على نحو كبير فالعديد من المركبات العلاجية المعروفة حذا كان مصدرها الانتجار والسحيرات والزخويات *medicines* وحتى القوان. لذا كان مصدر الأسبرين *aspirin* ثلث سحر الحور. ويصدر الأدوية الحافظة للكلبيستيرول سيتاتنز *statins* هو عفن *aspergillus* ويصدر الأرتيميسينين *artemisinin* الذي انصاف للالاري هو سحيرة سحر في الصل السعوي الصيني والآن وبعد تخصيص 10 مليون دولار أمريكي في التسعينات في كبر دعوة لعضا فاعل من أجل استخلاص معلومات متوطلة سحر الحور دوية رائدة جديدة، فخر سحر سرك. سار لادوية التي تقلص تصرفت في حداث حتى صر عسلها ليس كثر من بيع سحرها ككمكيات *supplements* دراسة قبل أن تعلق نوابها في النهاية عند بضع سنوات.

ما الآن فالبرعة القدر قد تعيد عسلها جديدة ما عدد من المركبات المضعية - مثل ريزقبرانول *resveratrol* من السيد الأحمر والخموص لأعسله *omega-3 fatty acids* من زيت السمك - يلقي سرك في التخص والتدقيق لأن الامتصاص الأولية اقترحت أن هذه المركبات الطبيعية قد تعالج بعض الأمر من وتمتعها بتكلفة زهيدة مع قليل من الأعراض الحاسه وقد ألق الكركم *Curcuma*، وهو عبارة عن مسحوق صفربرقالي من نبات اسبوي يسمى *Curcuma longa*، إضافة هذه مركبات الطبيعية وهو عند ومن بعد لم يكن يستعمل إلا لأعطى بكة لعضام وحفظ من التلف.

وعنى سحر القتال، قصة حصل في كتاب سحر قريبا بصف المكونات الفعالة سحرها الكركم - الكركومين *curcumin*، والمركبات الفريسة به التي تدعى كركومينويدات أو سحنات الكركومين *curcuminoids* - بوصفها مكونات تمتلك حصر مضادة للأكسدة *antioxidant* ومضادة للالتهاب *anti-inflammatory* ومضادة لفسريسات *antibacterial* ومضادة للتكترات *antithrombotic* والفطريات *antifungal* وراث سحرية حذرة ضد السرطان والسكري والتهاب المفاصل *arthritis* وداء الزايمر *Alzheimer's disease* وسر من مرسة أخرى وقد ذكر الكركومين في عام 2005 في قرابة 300 ورقة عسله ونفسه في سادات مؤسسة *Dr. M. J. P. Foundation* التابعة لشبكة الرعية الطبية وذلك بحره سحر 100 ورقة علمية وثقبة سرك في السوات الأحمر السابقة.

وقد بحدس العسل، الذين يعمور بفسهم أرحا بعلماء الكركومين *Curcuminoids* التي هذا مركب لسير اصر هنا تدر ته القبة العبد حسله في الجسم وسببته البحفة طاهريا وقد انكا هؤلاء العلماء على التفكير في كيف يمكن أن يستعمل هذا التابل *spice* أو مستفاته، ليس فقط بوصفه علاجاً، لكن بوصفه دوا، وأحياناً تكلفة منخفضة لبعض العلل والأمراض الحظرة وبوصفه علاجاً، فانه يمثل بعض حواص لاقه للطر وسبب من المسارات البيولوجية التي يستهدفها الكركومين عربة مفد كركم مراد في بعالقة السرور قد تتطاد خلايا الخلية سكتات مقاومه بدهاها وهكذا فالب نقص في الرحتن في ظفوات

www.aloos.com

يعطي الكركم
Curcuma longa
ريومات
سوقا أرضية
بريلة وهي
التي يبيع
سبحا التابل
الذي يخذ
الاسم نفسه

mutations متعددة لتجنب الهجمات المتكررة لهذا المركب

ولكن هل هذا المركب (الكركومين) قابل للاستعمال على نحو واسع؟ لقد قدّمت بعض الأعمال أسبابا عديدة لأخذ الحذر. فقد أظهر أكثر من 1700 مرجع عن الكركومين في المؤسسة PubMed كيف أن المركب الذي قد يؤثر في مسارات بيولوجية عديدة يمكنه أحيانا أن يؤثر في المكان الخطأ، وبهذا فإنه قد يساعد فعليا على تفاقم المرض.

تاريخ طبي طويل

إن للكركم تاريخا طبيا يرجع إلى 5000 عام، فقد عُرف بأسماء عديدة، مثل مالدي في الهند وجيانك هوانك في الصين ومنجل في التاميل. وفي ذلك الزمن كان الكركم دواء أساسيا لالتئام الجروح وتنقية الدم ولعلل المعدة في النظام الأيورفيدي الهندي وأول سجل في المؤسسة PubMed للبحث عن الفعالية البيولوجية للكركومين يعود إلى عام 1970، عندما ذكرت مجموعة من الباحثين الهنود تأثيرات هذا المركب في مستويات الكوليستيرول cholesterol لدى الجرذان. وفي التسعينات تسارعت الدراسات: وكان أحد العلماء القادة «B» أكاروال [وهو عالم سابق في مؤسسة جننتك Genentech] والذي قبل أن يعود لدراسة الكركومين قد سلك سلوكا آخر للبحث عن معالجات للسرطان، وقد قاده ذلك العمل على نحو غير مباشر إلى هذا المركب.

ففي الثمانينات كان «أكاروال» وفريقه في مؤسسة جننتك هم أول من قاموا بتنقية جزيئين مناعيين immune molecules مهمين - عامل النخر الورمي tumor necrosis factor (TNF) ألفا وبيتا - وقد حددت هويتهما على أنهما مركبان يمتلكان فعالية محتملة مضادة للسرطان. وفي الحقيقة، يستطيع هذان الجزيئان قتل الخلايا السرطانية عندما ينتشران في باحات محدّدة، لكن عندما يتحركا على نحو واسع في مجرى الدم، فإنهما يكتسبان خواص مختلفة، حيث يؤثران بوصفهما معزّزين فاعلين للسرطان potent tumor promoters. وتُنشّط عوامل النخر الورمي (TNFs) أحد الهرمونات المهمة، العامل النووي كابا B، الذي يهاجم عندئذ حشدا من الجينات المنخرطة في الالتهاب وتكاثر الخلايا.

إن هذا الرابط بين الالتهاب والتكاثر غير المنضبط لخلايا السرطان قد شجع «أكاروال» على العودة إلى جذوره. ففي عام 1989 انتقل إلى مركز «D.M. أندرسون» للسرطان في جامعة تكساس. وبدأ البحث عن مركبات يمكن أن تلطف الالتهاب ولها تأثير مضاد للسرطان. متذكرا من طفولته في الهند أن الكركم كان أحد المركبات المضادة للالتهاب في الأدبيات الأيورفيدية، فقرر إجراء التجارب على هذا التابل. وتذكر ما حدث «أخذنا بعضا منه من المطبخ ونثرناه على بعض الخلايا». وقد نُهشنا: حيث أحضرنا هذا التابل عامل النخر الورمي (TNF) والعامل النووي كابا B.

قام «أكاروال» بنشر دراسات تُظهر أن إحصار مسار العامل النووي كابا B بواسطة الكركومين يَنْبُط تفسُّخ replication وانتشار أنماط متنوعة من الخلايا السرطانية. وقد مثّل هذا العمل نقطة انطلاق نحو التجارب السريرية (الإكلينيكية) الصغيرة المبكرة في مركز «D.M. أندرسون» باستخدام الكركومين بوصفه دواء مساعدا

على معالجة سرطان البنكرياس والورم النقوي myeloma المتعدد. لقد بدأت التجارب، أو هي قيد البدء، في أمكنة أخرى من أجل الوقاية من سرطان القولون colon وداء الزهايمر Alzheimer وأمراض أخرى. وقد أظهرت دراسات باكرة على الخلايا أو على الحيوانات أن الكركومين يمكن أن يؤثر في طيف من الأمراض الالتهابية inflammatory diseases، بما في ذلك التهاب البنكرياس والتهاب المفاصل وأمراض الأمعاء الالتهابية والتهاب القولون والتهاب المعدة والأرجية allergy والحُمى fever. وللكرُكُومين أيضا تأثير واعد في أمراض السُّكري والمناعة الذاتية autoimmune والأمراض القلبية الوعائية cardiovascular.

وحتى الآن تحتاج التجارب السريرية الكبيرة إلى أن تُجرى بهدف إثبات النجاعة efficacy ضد السرطان وأمراض أخرى لكن «أكاروال» صار، مع ذلك، يطلا شرسا لأجل هذا التابل الذي أحضره «فاسكو داكاما» إلى أوروبا من رحلاته في الشرق. ولـ«أكاروال» فصل في كتاب جديد شارك في تحريره بعنوان «الكركومين: الذهب الخالص الهندي»

لقد بدأ أيضا مركز «D.M. أندرسون» [وهو معهد عالمي رائد للسرطان] بترويج استعمال الكركومين بأكثر مما يُتوقع لمعالجة لم تندرج ضمن الشروط القياسية للتجارب السريرية الكاملة. ويوصي قسم الأسئلة المطروحة على نحو متواتر (FAQ) في موقعه على شبكة الإنترنت بشراء الكركومين من تاجر جُملة مُعيّن، كان «أكاروال» يعمل لحساب هذا التاجر.

ويقترض القسم (FAQ) أن مرضى السرطان يتناولون جرعة يومية تتزايد باطراد لتصل إلى جرعة مقدارها ثمانية غرامات كل يوم، أي أكثر بـ 40 مرة من المقدار المستهلك في معدل النظام الغذائي الهندي. ويعكس ذلك فإن معظم الشركات الصيدلانية توزعه بجرعات تقدر بالمليغرامات وقد أكد الموقع على شبكة الإنترنت أنه «مع نهاية الثمانية الأسابيع الأولى، من المتوقع أن يكون هناك تحسن مهم». وعندما سُئل «أكاروال» فيما إذا كان قلقا حول إمكان ظهور أية أعراض جانبية عند تناول جرعة يومية مكونة من ثمانية غرامات أجاب بأن بعض التجارب السريرية الصغيرة في معاهد أبحاث أخرى قد حددت جرعة تصل إلى 12 غراما وأن المرضى كانوا يبلغونه فيما لو حدثت أية تأثيرات معاكسة ناجمة عن الجرعة المنصوح بها من قبل مركز «D.M. أندرسون». والباحث، الذي يتناول حبة كركومين يوميا، لا يأخذ بعين الاعتبار التحذير النموذجي للباحثين الذي يطلقونه قبل إجراء تجارب سريرية على نطاق واسع وذات شواهد حاكمة جيدة. وقال «أكاروال» يأخذ الناس كمية كبيرة من المكملات supplements الأخرى، ولا أظن أنك بحاجة إلى أي شيء آخر بعد ذلك.

هل يحرض الكركومين السرطان؟

إن تعليقات القسم FAQ التابع لمركز «D.M. أندرسون» وسيل التعليقات الصحفية التي تطلقها معاهد متنوعة حول أعاجيب الكركومين يتجاهلان قسما صغيرا من الأدبيات الطبية الذي يشير إلى جانب مُظلم، هو: إمكانية أن يعزز هذا التابل بقاء الخلايا

دراسات حديثة تظهر فوائد محتملة للكرّومين ...

الحالة المرضية	الاكتشافات	اسم المعهد	المصدر
التهاب المفاصل الروماتويدي	إن خلاصة جذر الكرّوم تبطت التهاب المفاصل وتلفه في الجردان	University of Arizona College of Medicine	Arthritis and Rheumatism, November 2006
داء الزايمر	أظهرت الدراسات في أنابيب الاختبار أن الكرّومين قد ساعد الخلايا المناعية التي تترك مكونات لويحات الزايمر Alzheimer's plaques.	U.C.L.A. and the Veterans Administration	Journal of Alzheimer's Disease, October 9, 2006
سرطان القولون	في مزارع الخلايا، أخصر الكرّومين نشاط أحد الهرمونات المرتبط بتنامي سرطان القولون.	University of Texas Medical Branch at Galveston	Clinical Cancer Research, September 15, 2006
سلائل قولونية مستقبعية colorectal polyps	إن توليفة مكونة من الكرّومين والمكوّن النباتي الكويرسيتين quercetin قد خفضت حجم وعدد تخثرات ما قبل السرطان عند خمسة من المرضى.	Johns Hopkins University and Cleveland Clinic	Clinical Gastroenterology and Hepatology, August 2006
اختلال الاستعراف cognitive impairment	أكثر من 1000 شخص مُعتر من سنغافورة وهم الذين يُعرف عنهم بأنهم يأكلون الكاري curry من أن إلى آخر على الأقل قد أحرزوا نقاط أكثر من أولئك الذين نادراً ما يأكلون الكاري أو لم يأكلوه قط. ويمكن أن يعزى هذا التأثير إلى الكرّومين.	National University of Singapore and other institutions	American Journal of Epidemiology, November 1, 2006

2.0 ميكرومول (µM)، بحسب ما ذكر «شاؤول». مع أن ذلك التركيز يمكن أن يكون أعلى في الجهاز المعدي المعوي وفي الكبد ومن الممكن أن يبقى مرتفعاً أيضاً إذا طوّر الباحثون وسائل متنوعة لزيادة تركيز الكرّومين في مجرى الدم

إن القسم FAQ يمكن أن ينقل الانطباع عن مدى الثقة في وصف جرعة من شاي غرامات. لكن الوجود المنخفض للكرّومين في الدم - ومن ثم الحاجة إلى رفع الكمية المستهلكة منه إذا كانت هذه المادة تكافح المرض - هو تحدٍ سوف يستمر يناكذ الباحثين. وعموماً استخدمت الدراسات المجراة على الحيوانات، التي ذكرها الباحثون بوصفها دراسات موحية لفوائد الكرّومين المتنوعة، أقل من ثمانية غرامات على البشر، وكانت مستويات تركيز الكرّومين في الدم تقع عادة في مجال النانومول. وقد ذكر «شاؤول» «نحن لا نعرف كيف نفسر أن مثل تراكيز الكرّومين المنخفضة هذه يمكن أن تكون ذات فائدة على الحيوانات التي جرى عليها الاختبار».

إن الجرعة هي كل شيء بالنسبة إلى كل دواء جديد - فكل دواء علاجي. بما في ذلك الأسبرين، يصبح ساماً في مستويات تراكيز عالية. وبالنسبة إلى معظم الأدوية الجديدة، فإن الجرعة الأفضل لبلوغ مستويات التركيز المرغوبة في بلازما الدم تُحدد عادة في جولات التجارب قبل السريرية preclinical في مزارع الخلايا وفي الفئران. وحالياً لا تصارع شركات الأدوية إحداهما الأخرى لكي تكون الأولى في إجراء هذه الاختبارات على الكرّومين. فلدَى هذه الشركات أفضلية للحصول على أدوية علاجية ذات أهداف رفيعة المستوى: مهاجمة أحد المُستقبلات النوعية specific receptor: ومن ثم، إمكانية معالجة المرض مع إنقاص الأعراض الجانبية. مع أن كل دواء له تأثيرات متعددة يمكنه، نظرياً، زيادة فرصة حدوث أحد الأعراض غير المرغوب فيها. وثمة سبب آخر، هو المسألة المثيرة للجدل لحقوق ملكية الأدوية الشعبية.

والكرّوم ثمرة مُلصق إعلاني لإحدى كبرى حالات الملكية الفكرية

Recent Studies Show Possible Benefits from Curcumin

السرطانية وفي عام 2004 كان «شاؤول» [في قسم الوراثة الجزيئية molecular genetics في معهد وايزمان للعلوم] يدرس الإنزيم NQO1 الذي ينظم المستوى الكمي لأحد البروتينات المعروفة جيداً والذي يدعى البيروتين p53. فعندما تزداد مستويات البيروتين p53 في الخلايا، يقوم هذا البيروتين بمناورة دفاعية عن الكائن الحي عبر تحريض الخلايا السرطانية أو المعطوبة لكي توقف الانقسام أو حتى تقتل نفسها

ووجد «شاؤول» وزملاؤه أن أحد مضادات التخثر، ديكومارول dicoumarol، والمركبات المشتقة منه تُحصر الإنزيم NQO1. وهذا يمنع البيروتين p53 من القيام بعمله وقد تسأل الباحثون ماذا يمكن أن يحدث إذا عرّضوا البيروتين p53 في خلايا سوية وخلايا ابيضاض الدم النقّية myeloid إلى مضادات التأكسـد antioxidants، مثل الكرّومين والريزفيراترول. ومما سبب دهشتهم، أن الكرّومين، من خلال تثبيط الإنزيم نفسه، قد أوقف البيروتين p53 عن إعدام الخلايا الزائفة (الشاذة). وقد تم الإعلان عن هذا الاكتشاف في عام 2005 في وقائع أعمال الأكاديمية الوطنية للعلوم بالولايات المتحدة الأمريكية وقد نشر بعض الباحثين الآخرين نتائج مشابهة وأجاب «أكاروال» عن ذلك من خلال الإشارة إلى دراسات أظهرت العكس تماماً. أي أن الكرّومين في الحقيقة ينشط البيروتين p53

أما الآن فيجب على الباحثين السريبرين (الكلينيكيين) أن ينجّبوا على دراسة ما إذا كان عمل «شاؤول» في مزارع الخلايا يرتبط بما يحدث عندما يتناول الإنسان هذا المركب إن مستويات تركيز الكرّومين المستعملة من قبل فريق معهد وايزمان في مزارع الخلايا - ذات التركيز من 10 إلى 60 ميكرومول (µM) - تعدّ ماثلة، إلى حد ما، للمستويات التي تم التوصل إليها في بعض تجارب أنابيب الاختبار التي أجريت من قبل مركز D. M. أندرسون. ولكن بسبب أن الكرّومين يُمتص من الأمعاء إلى مجرى الدم على نحو ضعيف وكذلك بسبب أنه يتخرب بسرعة في الجسم، فعندما يستهلك مريض ثمانية غرامات من الكرّومين لن يبقى في بلازما دمه أكثر من

ما مدى ذكاء الغربان ؟

تُظهر التجارب الحديثة أن هذه الطيور تستخدم المنطق
لحل مشكلاتها وأن بعض قدراتها يقارب،
بل قد يفوق، قدرات القردة العليا.

 هاينرش - <I> 1 بكنيار

فناص في الغابات الشمالية يشاهد غرابا شائعا (كورقاس
كوراكس *Corvus corax*)، وهو يتقلب على ظهره ويرجلاه مرفوعتان
في الهواء، بجانب جثة قندس فوق الثلوج ودارس للأحياء يتسلق،
بعناء، أحد المنحدرات ليقوم بتركيب حلق في أرجل أفراخ غرابين
ويقوم أبواهما بإمطاره من أعلى بالصخور وغراب وحيد ينعق
بصوت مرتفع بالقرب من كوخ متعزل محذرا رجلا بالقرب منه لكي
ينظر إلى أعلى ويلحظ سبعا مختبئا على وشك أن يقفز عليه

وكل من هؤلاء الأشخاص الثلاثة يفترض أنه كان يعرف
ماذا أرادت الغربان فالقناص ظن أن الغراب يتصاوت
متظاهرا بأنه قد تسمم لكي يبعد الغربان الأخرى حتى

JUST HOW SMART ARE RAVENS?

١. يسمى في بلادنا الغربان الأسحم أو الغربان النوحية

٢. يركب علماء الطيور حلقات معدنية مرقمة في أرجل الطيور، لدراسة سلوكها

(التحرير)

ومتابعة تحركاتها

نظرة إجمالية/ ذكاء الغربان

- مع أن السلوك الذكي للغربان يقنع معظم الناس أن الطيور ذكية، فإن ذلك لا يبرهن على أنها تستطيع بوعي كامل تأمل بدائل اختيار الأفضل من بينها.
- وللبت في ذلك قام المؤلفان بتصميم سلسلة من التجارب التي اشتملت على جذب لحم مربوط بخيط إلى أعلى، وإخفاء الطعام عن المتنافسين.
- لقد وجدا أن الغربان تستطيع استخدام المنطق لحل بعض المشكلات، وأنها تستطيع تمييز الأفراد (من البشر والغربان الأخرى) ونسبة معلومات معينة إلى هؤلاء الأفراد.

تلك الأعمال لا تبرهن على أن هذه الطيور قادرة على أن تتفحص بوعي الأفعال البديلة وأن تختار الأنسب من بينها.

وعلى أية حال، فمجرد المشاهدات لا يمكن أن تلغي احتمالات أخرى، مثل الغريزة أو تعلم تأدية أفعال محفوظة محددة من دون إدراك حقيقي. وفي الواقع، حتى تسعينيات القرن الماضي، ربما لم يكن هناك سوى اختبار علمي دقيق واحد انطوى على وجود تفكير منطقي لدى الغربان من الطراز الذي نسلم بوجوده لدى البشر. لقد كان هذا الاختبار مجموعة من التجارب التي نشرها عام 1943 «كوهرلر» [من معهد كونسبرك لعلم الحيوان]. لقد أوضح أن غرابه البالغ من العمر عشر سنوات، والمسمى جاكوب، يستطيع العد حتى رقم سبعة، وذلك بتدريبه على استعادة الطعام من تحت واحد من بين عدة أوعية على أغطيتها بقع بأعداد مختلفة. ولكن الدراسات التي أجريت في السنوات القليلة الماضية - ومعظمها أجريناه نحن معا - قدمت في النهاية براهين ثابتة على أن الغربان ذكية حقاً. بمعنى أنها قادرة على استخدام المنطق في حل المشكلات التي تواجهها. والأكثر من ذلك أننا وجدنا - لدهشتنا - أنها تستطيع حتى تمييز فرد من آخر. وفي هذا أيضاً هي تشبه البشر كثيراً. فنحن لا نستطيع بناء مجتمعات (فيما عدا تلك التي تشبه مجتمعات الحشرات) دون هذه المقدرة.

برهان على القدرة على حل المشكلات

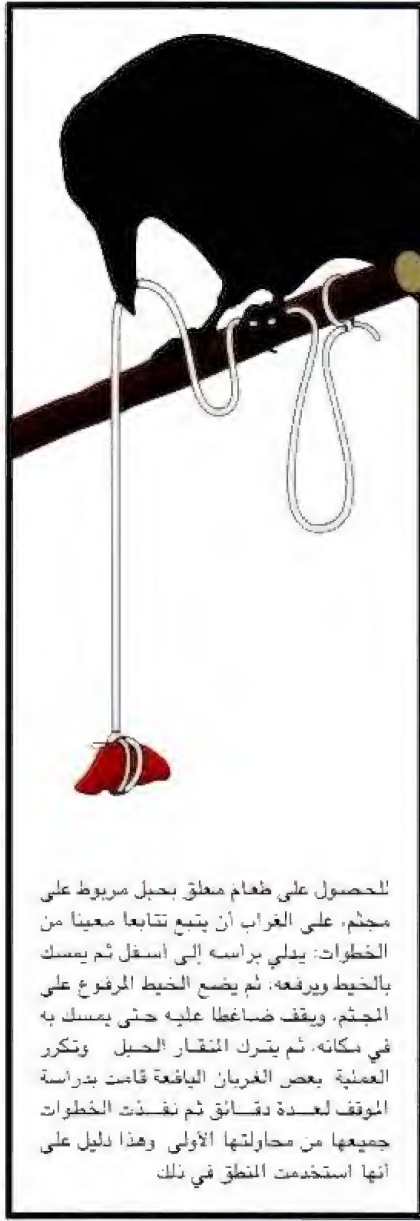
ليست الغربان هي الطيور الوحيدة التي تشتهر عادة بالذكاء، فعلى مدى العقدين الأخيرين أوضحت كمية هائلة من الأبحاث أن أقارب معينين للغربان السُّحُم (منها الغربان الصغيرة الأحجام، وكذلك أبو زريق Jays والعقعق Magpies وكاسر الجوز Nutcrackers) لها قدرات ذهنية محتكة مثيرة للدهشة. وتبدو هذه القدرات في بعض الأنواع مساوية لتلك التي تحوزها القردة العليا أو تفوقها. فعلى سبيل المثال، كاسرات الجوز لها ذاكرات خارقة تستوعب آلاف من مواقع مخابئ الغذاء، وهي قدرة تتحدى معظم الأفراد من البشر. وقد وجد أن غراب كاليدونيا الجديدة *Corvus moneduloides* يقوم بتشكيل أدوات من أوراق نبات الكاذي أو الصنوبر الحلو *pandanus* ويستخدمها لالتقاط اليرقات من بين شقوق الخشب على أن الذي لم يُعرف بعد هو إلى أي حد



يستحوذ على جثة القندس لنفسه ودارس الأحياء ظن أن زوج الغربان كانا يتعمدان محاولة إصابته بالصخور لكي يذهب بعيداً. أما الرجل عند الكوخ المنعزل فقد ظن أن الغراب يحذره لينتقذ حياته

ولا يمكن استبعاد هذه الفرضيات المختلفة ورفضها، ولكن معظمنا ممن لهم صلة وثيقة بالغربان قد يقدمون تفسيرات أخرى أكثر احتمالاً. فلعل الغربان أكثر الطيور حباً للعب، ويبدو أن من عاداتها أن تتقلب على ظهورها لمجرد اللهو والتمتع بذلك وهي غالباً ما تدق الأرضية في غضب أينما جثمت، عندما يكون هناك حيوان مفترس قرب عشها وهي معروفة بأنها ترشد اللواحم (الحيوانات الآكلة للحوم) إلى فريسة محتملة لا يمكنها هي أن تتغلب عليها. ولذا فإن الغراب قد يكون مستهدفاً إرشاد السبع إلى ذلك الرجل.

إن الحكايات حول الغربان عديدة، ويوحى كثير منها بأن هذه الطيور ذكية، ولكن القصص لا تعطي برهاناً على وجود ملكة شريفة لديها، أو حتى صور السلوك المعقد للغربان ذات المعالم الأكثر وضوحاً - مثل عاداتها في نحت كتلة من الشحم إلى قطع صغيرة يصبح حملها ممكناً، أو قيامها برص رقائق البسكويت الجاف بعضها فوق بعض على نحو يساعدها على الطيران بالرصاصة كلها، أو معالجتها لكعكتين بطريقة تمكنها من حملهما معا في الوقت نفسه، أو قيامها بعمل مخابئ كاذبة للطعام لخداع المغيرين جميع



ولم تعط جائزة الطعام نظير أية خطوة واحدة في منظومة الخطوات المتتابعة لجذبه، فعلى الغراب أن يتم كل التتابع الطويل حتى يأكل. إلا أن أحداً قد يجادل بالقول بأن كل خطوة تحصل على جائزة ذهنية ومن ثم تعزز، وذلك ببساطة لأن الطعام قد يصبح أقرب، وأن الحيوان لا يعرف بالضرورة أن كل خطوة في التتابع تجعله أقرب إلى هدفه. ولكن هذا التفسير لا يصمد أمام النقد. ذلك أنه إذا ما كانت كل خطوة تُكتسب بالتعلم بالمحاولة والخطأ لكان الأمر محتاجاً إلى محاولات عديدة، ولأخذ تتابع الجذب الكامل ربما شهوراً من التدريب؛ ولكن ليس ذلك هو ما حدث، فالطيور كانت تعمل كما لو كانت تعرف ما تفعله.

ولكن لم يكن بوسعنا أن نعرف أنها تعرف إلا إذا ما تصرفت حسب توقعات معينة، فعلى سبيل المثال، إن الغراب إذا كانت تعرف ما تقوم به فإنها عندئذ يجب أيضاً أن تعرف ما الذي فعلته. فمثلاً كان عليها أن تعرف أن الخيط ظل بعد أن جذبت الطعام المربوط به متصلاً بالمجثم. وبيان إذا ما كانت قد فهمت، قمنا بإبعادها عن المجثم بعد أن قامت بجذب اللحم، فإذا ما أسقطت قطعة اللحم: فهنا أنها كانت تعرف أنها معلقة بالمجثم، أما إذا طارت بها (ثم وجدت أنها تنتزع من مناقيرها) فإنها تكون لا تعرف، إن معظمها كان يلقي باللحم ولكنها كانت دائماً تطير باللحم المربوط بخيط موضوع (وليس مربوطاً) على المجثم.

لا تحتاج المعرفة إلى محاولات أو هي تحتاج إلى قليل منها. بينما التعلم بالمحاولة والخطأ لا يحتاج إلى منطق. ولذا بحثنا عن اختبار آخر لمعرفة ما إذا كانت الطيور قد حلت تحدي جذب اللحم بحركات عشوائية حدث أن كانت مُحْزِية، ولكنها لم تكن مدعومة بالمنطق. ففي هذه المرة جابها الطيور غير الخبيرة بالخيارات البدينية ذاتها ولكن بما أعلننا أن يكون بالنسبة إليها موقفاً غير منطقي، وهو خيط ذو أنشطة يجب جذبه إلى أسفل لكي يرتفع بالطعام إلى أعلى.

وفي هذا الموقف ظلت الغراب راعبة في الطعام لقد درست الموقف ثم أخذت تلتقط الحبل بمناقيرها وتجذبه، وبذا جعله يصبح أحياناً أقرب قليلاً. إلا أنها سرعان ما كُفَّت

تتضمن مثل هذه الأعمال الفذة برمجة ذاتية عمياء، مقابل **تعلم بالحفظ عن ظهر قلب** وذاكرة (من خلال تجارب سابقة من المحاولة والخطأ) مقابل **تفكير** reasoning (الاختيار من بين بدائل تستحضر في الذهن ويجري تقييمها)

وقد قمنا (كاتباً المقالة) بابتكار تجارب لإيضاح دور هذه الاحتمالات وأهميتها النسبية. في أول هذه الاختبارات جابها الغراب فُرادى يطعم معلق بخيط وللحصول على الطعام المقدم، عليها أن تصل إلى الخيط المتدلي تحتها من المجثم، وتمسك الخيط بمنقارها. وتجذب الخيط إلى أعلى، وتضع أنشودة الخيط الذي جذبه على المجثم، وتقف فوق الخيط، وتقوم بالضغط عليه بالقدر المناسب الذي يمنع الخيط من الانزلاق، ثم تترك بقية الخيط، ثم تتحني لتمسك بالخيط المتدلي ثانية، وتكرر هذا التتابع ست مرات متتالية أو أكثر.

لقد وجدنا أن بعض الطيور الياقة، على الأقل، تقوم بفحص الموقف حتى نهايته لدقائق، ثم تقوم بتنفيذ هذا الإجراء المتعدد الخطوات في أول محاولة لها في زمن ضئيل يبلغ 30 ثانية دون أية جهود أولية للمحاولة والخطأ. وفي التشكيل، التقليدي للسلوك في حيوانات المختبر تُجرى الخطوات المتتابعة للسلوك المطلوب - بشكل نموذجي - بالطعام، في حين يُعاقب على الخطوات غير الصحيحة بصدمة كهربائية. ويفترض أن يجري ترابط تتابع دون حاجة الحيوان إلى تفهم كيف تسهم أية خطوة معينة منها في النتيجة النهائية. على أن حيواناتنا لا تواجه هذا الموقف في الحياة البرية، وعلى ذلك فإنها لم تتعلم من قبل كيف تقوم به عن طريق التجربة والخطأ. وعلى ذلك فإن أبسط اقتراح هو أنها تتخيل الإمكانيات، ثم تتصور أي الخطوات عليها أن تجربها.

ومن المؤكد أن اجتياز الاختبار يحتاج إلى النضج، فالطيور الصغيرة (بعد شهر أو شهرين من ظهور الريش) غير قادرة على أن تقوم بهذا السلوك المعقد. وتحتاج الطيور البالغ عمرها عاماً واحداً، إلى ست دقائق في المتوسط لحلّ الإشكالية وتختبر خلالها بوضوح الإمكانيات المختلفة (مثل الطيران نحو الطعام ومحاولة تمرير الخيط والإمساك به أو نزع أو ليّه).

عن ذلك ولم يتعلم أحد منها كيفية الوصول إلى الطعام، مع أن تتابع الجذب والتثبيث والارضاء الذي كانت تحضر به الطعام بسرعة من قبل كان من المستطاع أن يأتي به ثانية. ولذلك نحن نعتقد أن الجذب المباشر إلى أعلى قد أُنقِصَ سريعاً، بل أحياناً على الفور تقريباً، ولم يكن ذلك إلا بسبب أنه كان مدعوماً بالمنطق. ومن الواضح أن الغراب لديها القدرة على اختبار الأفعال في أذهانها وأن تبين عوائد هذه الأفعال. وهذه الكفاءة ربما تكون غير موجودة، أو موجودة إلى حد محدود فقط، في معظم الحيوانات، ولعلّ

تكيفية جيدة.

rote learning. ١١

سلفا بدقة، فجميع خطاطيف الأجران barn

swallows الأكلة للحبوب تبني عشا على هيئة

رف من الطين يتصلب عند جفافه، في حين

تنشئ خطاطيف الأجراف cliff swallows

أعشاشا من الطين تشبه الأفران أيضا، ولكن

بفتحة مدخل صغيرة مستديرة

وليس بين هذه السلوكيات الأكثر تعقيدا

ما يتعلم، كما أنه ليس بينها ما يعتمد على

التفكير (مع أن التعلم والتفكير يمكن أن

يعدّلا بعض السلوك المبرمج وراثيا)، إن

التفكير والمنطق لهما سمعة سيئة بأنه قد

لا يمكن الاعتماد عليهما، ويمكن أن يؤديا

إلى كثير من الضرر كما نعلم جميعا حق

العلم، والسؤال الكبير عندئذ هو: إذا كان

السلوك مبرمجا سلفا بدقة هكذا،

فلماذا بعض الحيوانات (نحن

أنفسنا على سبيل المثال) تكون

مهيأة للتخطيط والخطأ؟ لماذا هي

غير مفطورة، مثل معظم

الحيوانات، على أن تفعل الأشياء

على وجهها الصحيح، ما عدا ربما

بعد تجربة الأشياء العديدة التي

يمكن أن تؤدي إلى أخطاء مهلكة؟

إن الإجابة المعتادة هي أن هذه

الحيوانات نشأت في بيئة معقدة

لا يمكن التنبؤ بما سوف يقع فيها،

وحيث تكون فيها الاستجابات

الجاهزة غير مناسبة، فإذا كان

بإمكان الحيوان تحديد أفراد،

وعيش بين آخرين

يستطيعون بدورهم تعرفه

كذات مستقلة، عندئذ

فإن البيئة ستصبح

لكل منها معقدة حقا

وكثيرا ما يشار إلى

الحياة الاجتماعية بين

معظم الحيوانات التي يمكنها تمييز

الأفراد بأنها القوة الدافعة لتطور

الذكاء، وفي هذا السياق فإن القدرة

على توقع استجابات الآخرين -

الذين يكونون الملمح الرئيسي المهم

للبيئة - تصبح قيمة للغاية، الأمر

الذي قادنا إلى أن نأخذ في

الاعتبار البيئة الاجتماعية للغربان

لمحاولة فهم لماذا هي - أكثر من

العديد من الحيوانات الأخرى -

استفادت من كونها ذكية

ثمة سلوكيات دقيقة رائعة يمكن برمجتها

وراثيا في حيوانات لها أدمغة ليست أكبر من

رأس الدبوس، وذلك عن طريق عملية تظل حتى

الآن واحدا من أسرار البيولوجيا الكبيرة التي

لم نهتد إلى حلها. خذ مثلا الزنبار الذي يصنع

الورق بخبرة منذ أول أيام وجوده والذي يقوم

بتصميم عش ذي بناء دقيق من هذا الورق، في

حين يستخدم زنبار آخر الطين ليصنع عشا

على صورة هاون، بشكل مختلف تماما ولكنه

أيضا ذو خصوصية بالغة، وبالمثل فإن طيور

كل نوع مبرمجة لبناء أعشاش محددة الأشكال



عند مجابهة الغربان بأن
عليها أن تسحب الخيط إلى
أسفل ليأتي الطعام إلى أعلى.
بدا أن الغربان غير المحربة
(تلك التي لم تحارب سحب
الطعام المربوط بالخيط إلى
الأعلى)، تعتقد أن الجذب إلى
أسفل لجعل شي، يتحرك إلى
أعلى هو عمل غير منطقي،
وسرعان ما تتوقف (الشبكة
السلوكية منعت الطيور من
سحب الخيط إلى الأعلى)

إن معظم التاريخ الطبيعي للغربان يدل
على أنه كان عليها أن تتطور على نحو يجعلها
قادرة على التواء مع ظروف قصيرة الأمد
دائمة التغير. فهذه الطيور انتهازية بشكل
أساسي، بمعنى أنها تقوم ببعض الصيد
ولكنها متخصصة في أن تعيش على ما تقتله
حيوانات أخرى. إلا أن الحيوانات المفترسة
التي تمدها بالغذاء لا يمكن توقع أفعالها،
ويمكن أيضا أن تقتلها، وقد يبدو تكوين
الافعال الشرطية من خلال المحاولة والخطأ
في وقت طويل أمرا باهظ التكلفة، لأن أول
خطأ يحدث يمكن أن يكلف الطيور حياتها،
كما أن استجابة مبرمجة كليا لأكل لحوم
لا يمكن التنبؤ بتصرفاته يمكن أن تكون
خطيرة بالقدر نفسه

كذلك تحتاج الطريقة التي تتنافس بها
الغربان مع غربان أخرى من أجل الحصول على
الطعام إلى التعامل مع ظروف دائمة التغير.
وتحاول أزواج من الغربان المتأقلمة المحتلة
للمنطقة أن تتأثر بمنجم الطعام، وتتخذ أعداد
من التجمع الكبير من صغار الغربان وأفرادها
غير المتزاوجة خطة مضادة لحشد قطعان من
الأزواج تفوق قوتها قوة المدافعين المتأقلمين. على
أنه من الأمور ذات المغزى أن السلوك الذي
يجعل هذه الحشود تجد طريقها إلى الطعام
ويخفف من خطورة أعدادها، هو نفسه الذي
يزيد من حدة التنافس على الموارد

وفي الغالب، تستهلك اللواحم بسرعة
جميع ما تفرسه، فمن المهم أن تحظى
الغربان الموجودة بقرب هذه اللواحم بالقدرة
على الشروع في مشاركة مبكرة في دورة
الاغتناء، بل الأفضل أن يكون ذلك مصاحبا
للواحم وهي لا تزال تاكل من الفريسة. وكى
تفعل ذلك تحتاج الطيور إلى أن تكون قادرة
على التنبؤ بسلوك الحيوان المفترس. مثل ما
إذا كان الحيوان سيقوم بالهجوم، ومتى
سيكون ذلك، وإلى أي حد يمكن أن يقفز،
وكيف يمكن تشتيت انتباهه. إن بعضا من
هذه المعلومات ينبغي أن يكون واضحا قبل
أن ينشغل الغراب بالغذاء، ذلك أن التجربة
المطروحة يمكن أن تكون قاتلة

وبكل تأكيد، ينبغي أن تكتسب الطيور
الخبرة في أمان في وقت باكر من حياتها إن
صغار الطيور، عندما لا تكون مشغولة بالغذاء،

اللعب بالطعام وإخفاؤه

بعد إدراكنا أن اللعب مع المفترسات يساعد الغربان على كيفية تقدير المواقف ثم التصرف وفقاً لذلك، فقد عزمنا على أن نخبر ما إذا كان اللعب يساعد صغار الطيور حقيقة على اكتساب القدرة على ضبط سلوكها بمرور الوقت. إن سلوك تخبئة الطعام قدم حقلاً وأعدا لهذه الدراسة، كما أن مربى الطيور الكبير، الذي صممناه ليحاكي الظروف الطبيعية من أشجار وكساء أرضي، يمثل إطاراً مناسباً للتجارب.

لقد وجدنا - كما رأينا من قبل - أن الغربان يتجنب كل منها الآخر في أثناء إخفاء الطعام، فهي تفضل أن تقوم بعمل المخابئ في خصوصية، أو تستخدم الأشجار أو الصخور لسد طريق الرؤية على الآخرين. كما أن أصحاب الخبينة يحاولون إبعاد اللصوص المحتملين وقد اكتشفنا أن مهارات التخبئة هذه تنبع من استجابات ذاتية تحرض هؤلاء الرفاق على القيام برد الفعل. ومن ثم تسمح بتعلم الاستجابات المناسبة وهذه العملية الاختبارية والتعليمية تبدأ بين الإخوة الصغار بعد فترة وجيزة من تركها العش والبدء باتباع أبائها وتعلم كيف تتعرف التنوع الكبير للأشياء الغذائية الصغيرة مثل الحشرات والفواكه.

تدأب الغربان الصغيرة، وهي داخل العش ولبضعة أيام خارجة، على الإمساك بجميع طرز الأشياء بمناقيرها. كقرص أذنان الذئب، ويعد هذا السلوك لعباً حيث إنه لا يجلب فوائد قريبة إلا أنه يتطلب بذل الوقت والطاقة أو التعرض للمخاطر. وفي الحقيقة، هذه الأشياء هي «لعب» وفي تجارب على فقس غراب مستأنسة، قام أحدنا بدور الأب وأخذ يرشد الطيور يومياً إلى التجول هنا وهناك وكانت الصغار تشغل أنفسها بالتقاط الأغصان الصغيرة والأوراق والزهور ومخاريط الصنوبر والحصى وأعقاب السجائر وقطع العملة وأشياء أخرى نثرناها على الأرض وخلال أيام تجاهلت الغربان الصغيرة الأشياء غير المأكولة إلى حد كبير، وبحثت بلهفة عما يؤكل وقد أعطاها الإمساك بالأشياء من خلال اللعب الخبرة بتعلم شؤون بيئتها، وحيث إن الغربان عادة لاتزال تُطعم عن طريق أبائها في هذه الفترة، فإنها تملك الوقت لممارسة سلوك يبدو عديم

تقوم روتينياً «باجتبار» ردود أفعال الحيوانات الكبيرة (مثل الذئب والواحم الأخرى) بالتفاعل معها. عادة بأن تحط بالقرب منها، ثم تقوم بنقر مؤخراتها. ومن غير المحتمل أن يكون هذا السلوك متعمداً تكتيكياً، فالأكثر احتمالاً أنه لون من «اللعب» تعرّفه المراجع العلمية المعتبرة في هذا الموضوع على أنه سلوك ليس له وظيفة مفهومة في الحال، ولكن تكون له، بصفة عامة، وظيفة غائبة أجلة، فهو سلوك غير مقصود بوعي، ولكن تثبت فائدته على أية حال.

حتى الصغار تدرك أن نقر أكلات اللحوم عمل خطير (فهي تبدو خائفة عندما تقوم به)، ولهذا لا بد أن تكون مفطورة غريزياً عليه، لأن ممارسة الصغار لهذه اللعبة الخطيرة تساعد في النهاية على البقاء survival. وذلك بمنحها الخبرة في تقدير إلى أي حد تحوم حول رفاقها من أكلات اللحوم وعن طريق هذا الاستفزاز تتعلم الصغار سريعاً أي الحيوانات تثق فيها، ومقدار المسافات اللازمة للأمان وعلى الجانب الآخر، إن وجود الغربان الدائم تقريباً حول أكلات اللحوم يعدّ الحيوانات الأكبر على الطيور فتتعلم بالتدريج تجاهلها، ولكن تعلم كيفية التعامل مع أكلات اللحوم الخطيرة ليس إلا وسيلة تؤدي في النهاية إلى إيجاد طريق لمصدر غني بالطعام.

وفي معظم الأحوال يكون الوقت الذي يبقى فيه منجم الطعام قصيراً (جثث الأيائل في غابات «مين» على سبيل المثال، تُستهلك في يوم أو يومين)، وهذا يوجب نقل الطعام بعيداً أولاً ثم أكله فيما بعد. ومثل سائر الغرابيات corvids تقوم الغربان الشائعة بنقل الطعام للاستخدام فيما بعد. وعند توافر جثة موضع صراع تقوم الغربان بنقلها بحماس - كتلة من اللحم وراء أخرى - وتخفيها بدفنها وتمويهها بغفات الحصى حتى تختفي تماماً عن النظر. ومثل كثير من الغرابيات الأخرى أيضاً، تتذكر الغربان مواقع خبيئاتها المتعددة بالضبط. وعادة ما تستعيدها في خلال ساعات أو أيام، إلا أنها، على عكس معظم الطيور الخائبة للطعام، تراقب بعناية سلوك الإخفاء لمنافسيها وتتذكر المواقع بالضبط، ليس لمخابئها فقط، بل أيضاً للمخابئ التي رأت الحيوانات الأخرى تصنعها.

تتحرك الغربان البالغة - والتي تمتد المسافة بين جناحيها إلى 1.25 متر وتزن نحو 1.25 كيلوغرام - فوق حيوان صادته الذئب حديثاً في «يلوستون ناشونال بارك» ويعتقد المؤلفان أن سلوك اللعب عند صغار الغربان يعلمها كيف تتعامل مع لوائح أكبر كثيراً منها في الحجم، وهي التي تعتمد عليها في الكثير من طعامها.



الجدوى في الظاهر، ولن تتضح فوائده إلا في وقت لاحق.

وفي أثناء تعلم الطيور الصغيرة التمييز بين المأكول وغير المأكول، كانت في الوقت نفسه، تزيد وتشكل مهارات التخبئة لديها فهي في البداية تدس، دون تمييز، بعض الأشياء التي تلفت نظرها وسط أشياء أخرى. وبعد ذلك تدفعها بعيداً جزئياً عن الأنظار في شقوق. وفي غضون شهر أو شهرين تقوم الصغار، التي مازالت لا تعتمد على أنفسها، بتغطية الأشياء التي التقطتها بالحطام ولأن هذه الصغار عادة ما تخبئ الأشياء أمام إخوتها وأبائها التي ترحل معها بضعة شهور بعد أن تكتسي بالريش، فإن هذه الإخوة غالباً ما تستولي على هذه الأشياء المخبأة. وقد تساءلنا هل يمكن أن تساعد لعبة تخبئة الأشياء غير المأكولة على اكتساب القدرة على توقع سلوك الآخرين، بحيث يمكنها النجاح في إخفاء عناصر طعامها القيم والدفاع عنه فيما بعد.

وأحدى المشكلات في اختبارات ما إذا

Playing with and Hiding Food (4)



القيمة على مساحة عدة كيلومترات مربعة، إلا أنه في حدود قفص حفظ الطيور التجريبي، فغالبا لا يتمكن أحد الأفراد من الإفلات من عيون الغربان المنافسة المراقبة ويعطينا هذا الموقف الفرصة لأن نحدد تجريبيًا ما إذا كانت الطيور قادرة على التمييز بين الغربان المنافسة اعتمادًا على ما يُحتمل أن تعرفه عن هذه الغربان، تمامًا كما ميزت من قبل بين بشر مختلفين

وفي هذه السلسلة من الاختبارات استفدنا من معرفتنا بأن الغربان تميز بعضها من بعض (وكذلك بين آخرين من نوع آخر - نحن بالتحديد) كأفراد. لقد انتجنا طيورًا «عارفة» - تلك التي راقبت مواقع خبايا طائر معين في مقابل «غير العارفة» وهي تلك التي لم تلاحظ مواقع الخبايا، ثم راجعنا بين صانعي الخبيثة وتلك الأفراد المنافسة المختلفة، فيما يشبه كثيرًا ما فعلناه في تجارب إيضاح استجابات الطيور الصغيرة للصوت وغير الصوت، إلا أن بناء التجربة في هذه الحالة استمدى تحويرًا في مربى الطيور

Discriminating "Knowers"

العكس، لم يكن وجود الفرد الأمين الذي لم يسبق له سرقة الأشياء الخبيثة يسبب تأخيرًا في تخزين الطعام، كما أن الطيور نحاملته عندما اقترب من أحد مخابئها وهكذا لم توضح هذه التجربة فقط أن الطيور تحسن مهاراتها في تخبئة الطعام بعد خبرتها مع الآخرين الذين يعيرون على خباياها، ولكنها أيضًا تميز بين الأفراد (في هذه الحالة من البشر)

تمييز «العارفين»

تفتذي الغربان البرية في الحقول عادة في مجموعات كبيرة كما سبق أن وصفنا، وهي تقضي معظم أوقاتها مشغولة في تخبئة الطعام لاستخدامه فيما بعد. وفي هذا الوقت يكون من المستحيل تقريبًا لطائر بمفرده أن يبعد كل طائر آخر يتجول قرب واحد من عشرات مخابئ تلك الغربان على أن الغربان اليافعة تقلل إلى حد كبير من احتمال وجود منافسين يرونها وهي تصنع مخابئها أو اضطرابها لمطاردة الآخرين الذين يمكن أن يكونوا معيرون محتملين، وذلك بعبثة مؤنثها

كانت الخبرة المبكرة تؤثر في النهاية في سلوك الطيور البالغة هي أنه من الصعب مراقبة الخبرة التي قد يمتلكها طائر معين إلا أننا لاحظنا أن الطيور أيضًا راقبتنا واستخرجت خبايا الطعام التي نحن - أياؤها البدلاء وراقبها - أخفيها عنها ونحن نستطيع التحكم في سلوكنا! ولعمل تجربة قمنا بتعيين أحد الأفراد لصا كان يقوم دائمًا بسرقة الأشياء الخبيثة التي كانت الطيور الصغيرة تخفيها فيما يبدو أنه لعب، في حين كان شخص آخر يفحص بشكل مطرد الأشياء التي تخفيها الطيور، ولكنه لم يكن يحصل قط على شيء منها. وفي موقف الاختبار زودنا الغربان التي أصبحت حينئذ أكثر نضجًا بطعام وليس بأشياء غير مأكولة وفي هذه المرة وقف الفردان - اللص وغير اللص - وراقبنا سلوك الطيور دون تدخل في مواجهة اللص المحتمل، انتظرت الغربان - على نحو ذي دلالة - بعض الوقت قبل أن تخبئ طعامها (كما لو كانت تنتظر وقتًا لا يكون فيه اللص ناظرًا إليها) وقد استردت الخبايا التي خبئتها، عندما كان ذلك الرجل يمشي بالقرب منها، وعلى

لقد خصصنا جزءا كبيرا من المربي كساحة لعمل الخبايا، وفصلنا جزءا أصغر من هذه المساحة بحائط معتم وصنعنا في الجدار نافذة صغيرة للإطلاع من خلالها، ووضعنا مجثما للطائر أمامها ليحط عليه، وينظر من خلال حاجز سلكي لمراقبة الطائر الصانع للخبينة في الجزء الرئيسي وبجانب وحدة المشاهدة هذه جهزنا وحدة مماثلة لطائر آخر. ولكننا في هذه الحالة أسدلنا ستارا على نافذة الرؤية وهكذا كان متاحا لكلا الطائرين الاستماع إلى الطائر الصانع للخبينة، ولكن أحدهما فقط كان لديه نافذة للرؤية.

وسوف يُسمح للطائرين في الوحدتين الصغيرتين (في خلال خمس دقائق) بالانتقال إلى ساحة الخبايا من أجل البحث عن الطعام. وبهذا كان عندهما الدافع لمراقبة الطائر الخابي. وبكل تأكيد، كان طبيعيا أن يجثم الطائر العارف لمحاولة مراقبة صانع الخبايا. في حين أن الطائر غير العارف في الحجرة ذات الستارة يحاول رفع الستارة للمراقبة (وقد وجدنا أنه يجب علينا أن نثبت الستارة بحيث لا يمكن رفعها). وبعد أن قام طائر الخبايا بصنع ثلاث خبايا أبعدناه عن الساحة الكبرى. وبعد خمس دقائق عدنا به لكي يستخرج مخزونه المخبية. وقد سمح له باستخراج أحدها إما منفردا وإما في وجود الطائر العارف أو الطائر غير العارف (كل من هذين اللصين المحتملين كان في وضع التابع الخاضع بالنسبة إلى طائر الخبايا حتى لا يُحبطا استجاباته في الدفاع عن المؤن).

وتقوم الطيور الخابنة، نموذجيا، باستعادة طعامها عندما تبدو السرقة وشيكة الحدوث. وفي الحقيقة أوضحت التجارب أن الخابنات استعادت من خباياها مقدارا أكبر بقدر ذي دلالة عندما زوَجناها بالطيور العارفة عما لو زوَجناها بطيور غير عارفة أو كانت بمفردها. وإضافة إلى ذلك، إذا ما أصبح طائر عارف على بعد مترين من الغذاء الموه عمد صانع الخبينة إلى مطاردته وإبعاده. في حين أنه كان يتجاهل الطيور غير العارفة. لقد خمننا أن الطيور الخابنة تذكر أي الطيور قد راقبتها عند عمل خبينة معينة، ثم قامت فيما بعد بتمييزها والاحتراس منها كما لو كانت تعزو المعرفة إلى الطيور التي راقبتها ومن الواضح أنها



مشغولا على مبعدة. وهذه النتائج لا تستبعد تماما احتمال أن الطيور العارفة كانت تعطي بعض الإشارات الخفية غير المعروفة والتي كانت الطيور المغيرة تستخدمها، ولكن إعطاء هذه الإشارات أمر غير محتمل وتشير النتائج بقوة إلى أن الطيور كانت تنخرط في سلوك معقد يعتمد لدرجة مذهشة على القدرة على تفسير أو توقع أفعال الآخرين.

فيم تفكر الغربان^(١)

إن دراسة الحالة الذهنية للحيوانات - التي لا تستطيع أن تعبر عن أفكارها لنا - عمل تكتنفه الصعاب. والواقع نحن لا نعرف، وربما لن نستطيع أبدا أن نعرف، ماذا يجري في ذهن حيوان آخر أو حتى أفراد آخرين من نوعنا نفسه، إلا أن لجونا إلى *شفرة أوكام* "Occam's razor" وقبل أسط تفسير - كما هو من تقاليد العلم - يمكننا أن نستنتج أن تجاربنا تمدنا بتأكيد ثابت بأن الغربان تستخدم نوعا من التمثيل العقلي^(٢) لتحكم مسار أفعالها. إن نتائج

كانت تتوقع سلفا نوايا الطائر الذي راقبها، ومن ثم تأخذ حذرهما من سلوكه المغير المتوقع. ولكن الطيور العارفة أيضا كانت تأخذ حذرهما من السلوك الدفاعي للطيور الخابنة فهي لم تكن تذهب مباشرة إلى الخبايا في وجودها، ولكنها كانت تنتظر حتى يصبح الطائر الخابي بعيدا إلى حد معقول. وتؤيد نتائج هذه التجارب مقدرة الغراب على نسبة المعرفة إلى من يعرفها، وتوقع رد الفعل.

وفي شكل آخر للتجربة نفسها حاولنا اختبار احتمال أن الطيور التي بدا أنها عارفة كانت تعطي دون قصد إشارات خفية تستطيع الطيور المدافعة قراءتها، إلا أن الطيور المدافعة كانت تعرف حقا أن الطيور العارفة قد رأتها، ولذا فقد استخدمنا شخصا، كان يقف جانبا في هدوء، كي يصنع الخبايا وكما توقعنا من نتائج التجارب الأولى اندفعت الطيور العارفة إلى سرقة الخبايا التي من صنع الإنسان إذا كانت بصحبة عارف آخر. وعلى العكس من ذلك، إذا ما كانت بصحبة منافس مسيطر غير عارف (ويمكنه أن يهاجم المغير للحصول على الخبينة) فإنها كانت تؤخر، عشر مرات في المتوسط، مدة الانتظار قبل أن تقترب من الخبينة، مترقية حين يكون الغراب المسيطر

(١) What Are Ravens Thinking ? (٢٠٠١)

(٢) المبدأ المنسوب إلى الفيلسوف William Occam (المتوفي نحو عام ١٣٤٩) والذي يقضي بأن الأمور ينبغي ألا تُعقد بغير ضرورة.

mental representation (٢٠٠١)

تظهر القدرة على التمييز بين الأفراد في تجربة تشمل تخزين الطعام. لقد أوجد المؤلفان طيوراً «عارفة» (مثل ذلك الذي في أسفل المؤطر الأول) تستطيع مراقبة موقع خبيثة يصنعها طائر آخر، وطيورا «غير عارفة» لا تستطيع أن ترى موقع الخبيثة وعند وضع العارف وغير العارف في منطقة الخبيثة (المؤطر الثاني) فإن صانع الخبيثة تعرف الطائر العارف وعزا إليه المعرفة. وتصدى لمحاولات الاقتراب من الخبيثة في حين أنه تجاهل غير العارف حتى عندما اقترب هذا من الطعام المحبب. [في التجربة الواقعية وضع كل من الطائرين (العارف وغير العارف) على حدة في منطقة الخبيثة، ولم تستخدم شرائط الأرجل الملونة. فهي أضيفت في الرسم لتساعد القارئ على تمييز الطيور]



هذا التنوع من الاحتمالات. وقد تكون هذه الميل هي التي سمحت له بأن يصبح أكثر الطيور انتشارا طبيعيا في العالم، حيث إنه يقطن القارات نفسها التي يعيش فيها البشر، وهو متواتم مع العدد الكبير نفسه من البيئات المتنوعة

المتعلقة بالموضوع، والمعدلة وفقا لبيئة الحيوان، تتباين تباينا واسعا. على أن الأمر قد يكون أكثر عمومية لدى الغربان عما هو في معظم الحالات الأخرى. ونحن نفكر على هذا النحو لأنه لا يوجد طائر آخر نعرفه مولع باللعب مثل الغربان، ومن ثم فهو معرض إلى

تجارب جذب الحيل تدل على استخدام المنطق، كما أن خطط السرقة وتلك المضادة لها تدل على أن الغربان تحكم على منافسيها على أساس تذكر ما كانت ملتقطة إليه، وهي عندئذ تعزو إلى منافسيها القدرة على أن تعرف، ثم هي تدمج هذه المعرفة مع مرتبة السيادة في قرارات استراتيجية لصنع الخبايا واستعادتها

إن التعلم يحدث ولكنه لا يفسر وحده كل السلوك الملاحظ، ذلك أن السلوك يحدث بسرعة جدا، في الحال تقريبا، بدون أية محاولات وأخطاء. ونحن نظن أن الطيور تبدأ عن سلوك ذي إطار ذاتي مبرمج سلفا في سلوك يشبه اللعب، وهذا يولد الخبرة اللازمة للتعلم. وقد يترجم التعلم فيما بعد إلى إدراك واع، بمعنى القدرة على استخدام المنطق. بحيث يكون نافعا في السياق غير المتوقع إلى حد بعيد في وسط اجتماعي فيه مناقسون ومفترسون، وبحيث يمكن أن يُنقل إلى أي سياق آخر جديد، من جذب الطعام الثابت بخيط إلى أعلى.

ونحن لا ندري مدى غرابة هذا النوع من القدرة عند الغربان في الكائنات غير البشرية. ولكننا نظن، رغم احتمال كونه غير نادر، أنه محصور بصفة عامة في أنواع معينة من الأعمال، لأن الغرائز وميول التعلم

المؤلفان

Bernd Heinrich - Thomas Bugnyar

يشتركان في إعجابهما بالقدرات الذهنية للغربان. وقد درسا هذه الطيور معا عندما كان «كنيار» باحثا مشاركاً في جامعة فيرمونت، حيث كان «هاينريش» أستاذا للبيولوجيا منذ عام 1980. وقد حصل «هاينريش» على الدكتوراه من جامعة كاليفورنيا، وأمضى عشر سنوات في قسم علم الحشرات بالكلية الجامعية في بيركلي قبل انتقاله إلى فيرمونت وهو مؤلف لعدد من الكتب المشهورة. منها Ravens in Winter (الغربان في الشتاء)، الناشر Simon and Schuster, 1981، و Mind of the Raven (عقل الغراب) الناشر Harper and Collins, 1998، الذي يعاد نشره هذا الصيف (2007). وهذه المقالة هي السابعة في Scientific American أما «كنيار» فقد حصل على الدكتوراه من جامعة فيينا عن دراسة أجراها على الغربان في محطة كنراد لورنتز البحثية في النمسا وهو الآن محاضر في كلية علم النفس في جامعة سانت أندروز باسكتلندا

مراجع للاستزادة

Ravens, *Corvus corax*, Differentiate between Knowledgeable and Ignorant Competitors. Thomas Bugnyar and Bernd Heinrich in *Proceedings of the Royal Society London, Series B*, Vol. 272, No. 1573, pages 1641–1646; August 22, 2005.

Testing Problem Solving in Ravens: String-Pulling to Reach Food. Bernd Heinrich and Thomas Bugnyar in *Ethology*, Vol. 111, No. 10, pages 962–976; October 2005.

Pilfering Ravens, *Corvus corax*, Adjust Their Behaviour to Social Context and Identity of Competitors. Thomas Bugnyar and Bernd Heinrich in *Animal Cognition*, Vol. 9, No. 4, pages 369–376; October 2006.

Scientific American, April 2007

كشف الغموض حول التخدير^(*)

**ستؤدي معرفة الأسباب التي تجعل أدوية التخدير الحالية
قوية جدا وخطرة أحيانا، إلى إنتاج جيل جديد من الأدوية
الأكثر أمانا وبدون تأثيرات جانبية غير مرغوبة.**

<A.B. أورسر>

تنبيها للجهاز العصبي، وهي تؤثر حتى في تنظيم التنفس ووظيفة القلب. ونتيجة لذلك، يكون لهذه الأدوية هامش ضيق من الأمان، وهو يعني الفرق بين الجرعة العلاجية والجرعة السمية أو حتى القاتلة، وهذا هو السبب الذي يدفع إلى إعطاء الأشخاص الذين تكون وظيفة الرئة أو القلب والأوعية عندهم غير مستقرة أصلا - مثل ضحايا الرضوض الخاضعين للعمليات الإسعافية أو المرضى أثناء جراحة القلب - جرعة أخف من التخدير، مما يجعلهم معرضين لحالات من الصحو أثناء العمليات كما هي الحال في الفيلم المذكور.

وعلى الرغم من أن التطور الجذري الذي طرأ على العناية بالمرضى تحت التخدير العام، قد أرسى الأساس لعمليات معقدة كنقل الأعضاء وجراحة القلب، فإن التأثيرات المثبطة للجهاز العصبي لهذه الأدوية تجعلها أكثر احتمالا لأن تسبب الوفاة خلال العملية من الإجراء الجراحي نفسه. ولأن الوفيات المتعلقة بالتخدير قد توقفت عند نسبة مريض واحد من أصل 1300 مريض في السنوات الخمس عشرة الماضية، فإن أطباء التخدير قد وصلوا إلى الحد الأقصى من القدرة على إعطاء هذه السموم على نحو آمن وعلى كل فإن التأثيرات الجانبية الشديدة - والتي تراوح بين عذو التحكم في الطريق الهوائي وبين مشكلات الذاكرة والمشكلات الاستعرافية cognitive بعد التخدير العام - قد تنشأ أيضا من التأثيرات الواسعة ولكن غير المفهومة جيدا لأدوية التخدير في الجهاز العصبي المركزي

LIFTING THE FOG AROUND ANESTHESIA (1)

صدر هذا العام فيلم من إنتاج هوليوود يركز على شاب يصحو من التخدير أثناء خضوعه لجراحة قلب مفتوح، ولكنه حينها لم يكن قادرا على أن يتحرك أو يصرخ ومن دون شك فإن حبكة الفيلم سوف تأخذ عدة تحولات بدءا من تلك النقطة ولكن للأسف، فإن أحداث بداية الفيلم لا تفسر منطقيا أحداث نهايته. فحالات الصحو أو الإدراك أثناء إجراء العمليات الجراحية تحت التخدير العام تسجل بمعدل حالة واحدة إلى اثنتين لكل 1000 مريض. وفي الحقيقة، فإن هذه الوقائع تكون عادة خفيفة وعموما لا تتشارك مع الألم أو الشدة، ولكنها تسلط الضوء على واحد من الأسباب العديدة التي تجعل حتى الجيل الأحداث من المواد المخدرة يفتقر إلى بعض الخاصيات المرغوب فيها. وبالفعل، فعلى الرغم من تطور اختصاص علم التخدير إلى فن معقد، فإن الفهم العلمي لكيفية عمل المواد المخدرة وكيف نجعلها أفضل قد بقي متاخرا مقارنة بالتطور الذي حدث في أغلبية الأدوية الأخرى.

وفي الواقع، إن العديد من أدوية التخدير الحديثة يتشارك في الخاصيات البنيوية والتأثيرات السريرية مع الإيثر ether الذي كان تطبيقه كمخدر قد تم توضيحه بنجاح وعلنيا من قبل طبيب الأسنان «مورتون» عام 1846 في بوسطن ومنذ ذلك الحين اتسع استخدام التخدير العام إلى 40 مليون مريض في أمريكا الشمالية لوحدها. هذا وإن التقدم في العناية التخديرية منذ أيام «مورتون» قد أتى على نحو أساسي من أجهزة إعطاء الأدوية المعقدة واستراتيجيات تدبير المخاطر والتأثيرات الجانبية للتخدير. إن أدوية التخدير العام هي أكثر الأدوية المستخدمة في الطب



الأدوية تسبب النوم العميق. ولكن من الأصح وصف الحالة التي يحدثها معظم أدوية التخدير الحديثة، بأنها سبات (غيبوبة) يحدث بالأدوية وكخطوة لتوضيح الآليات التي من خلالها تؤثر هذه الأدوية تمت الاستعانة ببعض التقانات. مثل التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) والتصوير الطبقي بضغط اليوريترون (PET). وقد ساعد ذلك على تحديد بعض مناطق الدماغ الخاصة والدارات العصبية المسؤولة عن إحداث العناصر المكونة للحالة التخديرية. فمثلاً، إن التأثير التخديري في النخاع (الحبل) الشوكي هو المسؤول عن عدم التحرك المحدث بالأدوية. في حين أننا نجد أن التغيرات الحديثة بالأدوية في الحصين hippocampus (وهو جزء من الدماغ له علاقة بتشكيل الذاكرة)، قد تم ربطها بحدوث النساوة. إن ضعف أو تلف الذاكرة المزمع التالي للجراحة، وهو أحد التأثيرات الجانبية غير المرغوب فيها الذي يعانيه بعض المرضى، قد يمثل تأثيراً ثمالياً للأدوية في الحصين.

ولأن الوعي هو تجربة معقدة مازالت الخواص المحددة لها مثار جدل بين المتخصصين في العلوم العصبية، فإنه ليس من السهل أن نحدد مكاناً تشريحياً واحداً نعتبره منشأ الغياب عن الوعي خلال التخدير وإحدى النظريات الأساسية ببساطة أنه ناتج من عدم الربط الاستعرافي⁽¹⁾ - أي قطع الاتصال بين عدة مناطق دماغية عادة ما تتعاون في العمليات الاستعرافية العليا. وحتى على المستوى الموضوعي إذا تخيل المرء مجموعات من الخلايا العصبية وكأنها تشكل خطوطاً

يجب أن يكون العلم قادراً على تقديم المزيد. وإن بحثاً جديداً قد بدأ لمعرفة قدرة العلم على فعل ذلك.

فجميع أدوية التخدير المستخدمة اليوم كانت قد طورت تحريبيًا. أي إنها اختبرت في قدرتها على إحداث التأثيرات المرغوب فيها والتي توافق الحالة التخديرية أن فاعليات⁽²⁾ التخدير الأساسية هي الترويق sedation والغياب عن الوعي (ويسمى أحياناً الترويق hypnosis) وعدم التحرك immobility وغياب الألم (التسكين analgesia) وفقدان الذاكرة (النساوة amnesia) أثناء فترة التخدير. ومن خلال دراسة الآليات التي تحقق عبرها أدوية التخدير هذه الأهداف. فإن عدة مجموعات بحثية بما فيها مجموعتي في جامعة تورونتو شرعت باختبار هذه التأثيرات كل على حدة وتظهر دراسات هذه المجموعات أن فعالية هذه الأدوية القوية تتجه نحو مجموعة معينة من خلايا الجهاز العصبي فيحدث التأثير في كل مجموعة من الخلايا إحدى فاعليات التخدير المذكورة.

وإن تزودنا بهذه المعرفة سوف يشجعنا على أن ننتقل أخيراً إلى ما بعد عصر الإيثير، بحيث تطور جيلاً جديداً من الأدوية ذات النوعية العالية والتي تستخدم بالمشاركة مع بعضها لنحصل على النتائج المرغوب فيها من دون مخاطر. إضافة إلى ذلك فإن هذا البحث سوف يعطينا أفكاراً لتطوير علاجات ذات علاقة بموضوعنا، كالمهدئات والأدوية المساعدة على النوم التي تشارك التخدير في بعض آلياته وتقسّم أدوية التخدير إلى قسمين رئيسيين، اعتماداً على إعطائها بالطريق الإنشافي⁽³⁾ (مثل إيزوفلورين isoflurane) أو الطريق الوريدي (مثل بروبوفول propofol). وقد يبدو أن هذه

inhalation (٢)

properties (١) ج فاعلية

cognitive unbinding(٤)

effect (٣)

العصبي المركزي

وفي مبحث التخدير ناقل عصبي آخر يسمى **كاما امينو حمض البيوتريك GABA**، وقد حاز أغلب الاهتمام بسبب قدرته على إيقاف الاتصال العصبي. وGABA هو ناقل عصبي مثبط؛ إذ يساعد على الحفاظ على توازن كلي في الجهاز العصبي بإحداث تخامد في قدرة العصبونات على الاستجابة للرسائل المهيجة من الخلايا الأخرى. لذلك السبب كان التفكير بأن الناقل GABA يؤدي دوراً مركزياً في تأثيرات أدوية التخدير. إن معظم المستقبلات على الخلايا ما بعد

لذلك تركّز الدراسات المعاصرة على تحديد أي من الأشياء المختلفة في المستقبلات هي أهداف المواد المخدرة، وعلى فهم كيف تتفاعل الأدوية مع المستقبلات لتغيير وظيفة الخلية وكيف تنتج هذه التغيرات الخلوية «أعراض» التخدير المرغوب فيها وغير المرغوب فيها.

إعطاء إشارات تهدئة^(١)

لقد وجدت مجموعات متعددة من بروتينات المستقبلات على سطح العصبونات، ولكن تلك التي تتفاعل بالناقل العصبية الكيميائية قد

في شبكة هاتفية ضخمة، فإن تأثير التخدير العام مشابه لما يحدث عند سحب القوابس من مأخذها في لوحة القواطع (المفاتيح) switchboard. ويحقق الباحثون تقدماً في كشف التفاصيل حول الطرق التي تعمل بوساطتها أدوية التخدير فيزيائياً على الخلايا المفردة في الجهاز العصبي لمنع النقل فيها.

خلال معظم القرن العشرين كان يعتقد على نحو واسع أن أدوية التخدير تعمل على تعطيل المكونات الدسمة لأغشية الخلايا، إن معظم أدوية التخدير هو مركبات حلولة على نحو كبير في الدم وذات تراكيب كيميائية

إن تأثير التخدير مشابه لسحب القوابس من مأخذها في لوحة القواطع

المشبك والتي تتفاعل مع الناقل GABA ينتمي إلى مجموعة تسمى ligand-gated ion channels، أو القنوات الأيونية (الشاردية) التي تفتح أبوابها عن طريق الرابطة. فعندما يرتبط الناقل GABA (الرابطة) بالمستقبل، يتغير شكل هذا المستقبل، مما يؤدي إلى انفتاح القناة التي تدخل الأيونات المشحونة سلبياً إلى الخلية. وبعد ذلك فإن زيادة تركيز الأيونات السلبية يولد كموناً سلبياً، مما يمنع الخلية من التمكن من توليد نبضة كهربائية استتارية.

والمستقبل الذي يعتقد أنه الهدف الرئيسي للمواد المخدرة هو الناقل GABA من النمط الفرعي A أو GABA_A، وهو نفسه المسؤول عن التأثيرات العلاجية لأصناف من المركبات والنومات وبالذات البنزوديازيبينات benzodiazepines. مثل الفاليوم valium. وإن تراكيز منخفضة جداً من البنزوديازيبينات تزيد وظيفة المستقبل GABA_A، وهذه علاقة من السهل إثباتها، لأن الأدوية المعاكسة التي تعيق ارتباط البنزوديازيبين بالمستقبل GABA_A تزيل بسرعة تأثيرات هذه الأدوية.

ولسوء الحظ لا يوجد مثل هذه الأدوية المعاكسة لأدوية التخدير العام لكي تزودنا بمعلومات عن المستقبلات الهدف. وعلى أي حال فإن دراسات تستخدم أجزاء من مناطق مختلفة من الدماغ والخلايا العصبية ومأخوذة من نسيج مزروعة، قد أظهرت أن كلا من المواد

حازت على معظم الاهتمام في أبحاث التخدير، لأنها تنظم على نحو دقيق الاتصال عبر «خطوط الهاتف» العصبية وكما يوحي اسمها، فإن جزئيات النواقل العصبية تنقل الرسائل بين العصبونات عند نقاط الاتصال التي تسمى المشابك synapses وهي تقوم بذلك بالانتقال بين ما يسمى العصبون ما قبل المشبك عبر مسافة دقيقة لترتبط بالمستقبلات الموجودة على غشاء العصبون ما بعد المشبك. وعندما تعرض كمية كافية من جزئيات الناقل العصبي المستقبل الملائم، فإن غشاء الخلية العصبية ما بعد المشبك يولد كموناً كهربائياً يسير على طول العصبون إلى العصبون التالي في الشبكة نفسها. إن السيروتونين والكلوتامات والنورإبينفرين والأسيتيل كولين هي نواقل عصبية درست على نحو واسع لدورها في إحداث هذه الإشارات عبر الجهاز

مختلفة على نحو واسع يراوح بين الغازات الخاملة البسيطة والستيرويدات المعقدة واختلافاتها الفيزيائية والكيميائية الكبيرة قد دعمت الفكرة القائلة إن المواد المخدرة يجب أن تعمل بطريقة ما غير نوعية لتنشيط الوظيفة العصبونية. وقد أظهر بحث حديث أن أدوية التخدير تتداخل فعلياً مع بروتينات معينة كثيرة التنوع تعرف بالمستقبلات receptors، وتوجد على سطح خلايا الأعصاب. وتتضمن عائلات المستقبلات هذه نسخاً مختلفة عن بعضها على نحو دقيق، بحيث تميل كل مجموعة إلى أن تكون ذات انتشار مسيطر في مناطق معينة من الجهاز العصبي المركزي إن وجود أنماط فرعية subtypes معينة على مجموعات جزئية من الخلايا فقط سوف يحدد إذا أي الخلايا سوف تتأثر بالمخدر.

نظرة إجمالية/ تحسين أدوية التخدير العام

«إن أدوية التخدير العام هي منظمات قوية للجهاز العصبي المركزي، ونحن نزال من غير المفهوم جيداً كيف تحدث هذه الأدوية تأثيراتها الواسعة في الدماغ والجسم.»
«تختلف الأبحاث التي تتناول الآليات التي تعمل وفقاً لأدوية التخدير العام، إن جميع الجوانب المتعلقة بفعالية التخديرية يمكن أن تعزى إلى مجموعات مختلفة من الخلايا العصبية. ولتعزيز هذه المجموعات من بعضها عن طريق بروتينات سطحية نوعية تتفاعل مع هذه الأدوية.»
«قد يكون من الممكن إنتاج أدوية جديدة تستهدف هذه البروتينات، ومن ثم أنماط محددة من الخلايا، بحيث تكون قادرين على الحصول انتقائياً على التأثيرات المرغوب فيها لأدوية التخدير.»
«إضافة إلى المركبات ومساعدات النوم وأدوية الذاكرة، مع مخاطر وتأثيرات جانبية أقل.

Signaling Silence (١)
gammaaminobutyric acid (١)

التأثير الواسع للتخدير^(*)

التنفس ومعدل ضربات القلب. وتحاول الأبحاث الحالية أن تحدد بدقة المناطق والتركيب العصبية التي يؤدي التغيير في وظيفتها إلى إحداث كل من العناصر المكونة للحالة التخديرية.

إن كلا من التأثيرات المرغوب فيها وغير المرغوب فيها للأدوية المخدرة تنشأ عن قدرتها على تثبيط الفعالية العصبية في الجهاز العصبي المركزي، الذي يضم الدماغ والنخاع (الحبل) الشوكي ويتحكم في



فاعليات الحالة التخديرية^(**)

التركيبن sedation

نقص الاستئارة، وتتظاهر بالزيادة في فترة الاستجابة والكلام المبهم ونقص الحركة. تنقص الفعالية العصبية عبر مناطق قشرة الدماغ.

الغياپ عن الوعي unconsciousness (ويسمى أيضا التلويم hypnosis)

نقص في الإدراك والاستجابة للمنبهات. يكون التثبيط القشري أكثر منه في التركبن. كذلك يهبط النشاط على نحو ملحوظ في المهاد thalamus، وهو منطقة مهمة لتكامل العمليات الدماغية.

عدم التحرك Immobility

عدم وجود حركة كاستجابة للمنبهات، كالهز والحركة. إن تثبيط الفعالية العصبية للنخاع الشوكي هو السبب الرئيسي لهذا الشلل المؤقت، مع أن المخيخ (وهو منطقة تحكم في الحركة) قد يسهم في ذلك.

النساوة amnesia

عدم تذكر فترة التخدير. يبدي العديد من تركيب الدماغ تغيرات محدثة بالمواد المخدرة، بما فيها الحصين، اللوزة، القشرة أمام الجبهية، القشرة الحركية والحسية.

فاعليات أخرى

إرخاء عضلي وزوال الألم (التسكين analgesia) ويتم أحيانا تضمينهما عند تحديد الحالة التخديرية، ويعزيان إلى تثبيط فعالية النخاع الشوكي.

المخدرة الإنشاقية والوريدية تطيل من فترة التيارات الكهربائية ما بعد المشبكية التي تولد بواسطة المستقبلات GABA_A.

ويعتقد أن المواد المخدرة تزيد من وظيفة المستقبلات GABA_A عن طريق تفاعلات ترتبط من خلالها بتجاويف منفصلة، أو عن طريق الارتباط بحموض أمينية محددة ضمن المستقبلات نفسها وبإطالة فترة انفتاح القنوات، مما يزيد التأثيرات المثبطة لجزيئات GABA_A المرتبطة بالمستقبل. وبتراكيزات عالية بالقدر الكافي، فإن أدوية التخدير وحدها قد تحفز مستقبلات الناقل GABA.

إن معظم الخلايا العصبية تحتوي على المستقبلات GABA_A، ولذلك فإن العلماء لم يستطيعوا تفسير كيف يمكن للمواد المخدرة أن تؤثر انتقائيا في مناطق مختلفة من الدماغ، وقد استمر ذلك حتى ظهور الاكتشافات المهمة خلال العقد الماضي بأن المستقبلات GABA_A ليس لديها جميعها الخواص نفسها من النواحي الشكلية والفارماكولوجية فالمستقبلات GABA_A هي معقد بروتيني مكون من خمس وحدات فرعية، حيث يمكن أن تترج وترتبط بعدة تراكيب وعلى الأقل يوجد 19 نوعا من وحدات فرعية GABA_A في الثدييات، ومعظمها لديه عدة أنماط فرعية subtypes، ولذلك فإن العدد الممكن للتراكيب مرتفع جدا. إن الوحدات الفرعية غالبا ما ترى في العصبونات، وهي تحدد على أنها ألفا وبيتا وكاما. وفي الحقيقة، يتكون معظم المستقبلات GABA_A من وحدتين فرعيتين ألفا واثنين بيتا وكاما واحدة، ولكنه أحيانا تحل وحدة دلتا أو إبسيلون محل كاما بحسب المنطقة من الدماغ. ولكن الاكتشاف الأهم هو أن التركيب المكون من الوحدات الفرعية يغير على نحو لافت الخواص الفارماكولوجية: إن وجود فرق في وحدة فرعية واحدة في تركيب المستقبل GABA_A يحدد إمكانية الاستجابة لمادة مخدرة معينة وكيفيتها.

ولأن أنماط فرعية مختلفة من المستقبلات GABA_A تسيطر في مناطق مختلفة من الدماغ، فإن الباحثين صاروا حاليا قادرين على نحو متزايد على أن يفسروا بدقة كيف تستطيع المواد المخدرة أن

Anesthesia's Broad Impact (4)

Components of the Anesthetized State (44)

كبح النقل^{١٠}

لقد وجد أن الأدوية المخدرة تخمد النقل العصبي بطرق منها زيادة تأثيرات الناقل العصبي GABA، وهو جزيء يحمل إشارة تمنع الخلايا العصبية من الإطلاق. ويركز البحث الحالي على الكيفية التي تتفاعل وفقها الأدوية مع مستقبلات الناقل GABA الخلوية لكبح الفعالية العصبية.

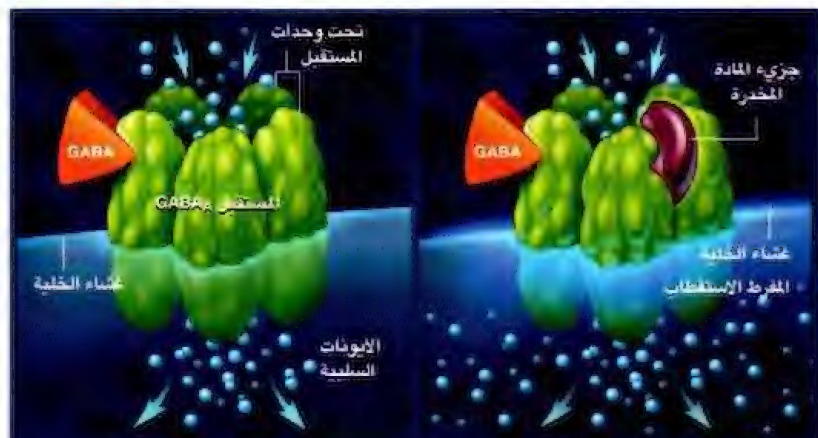
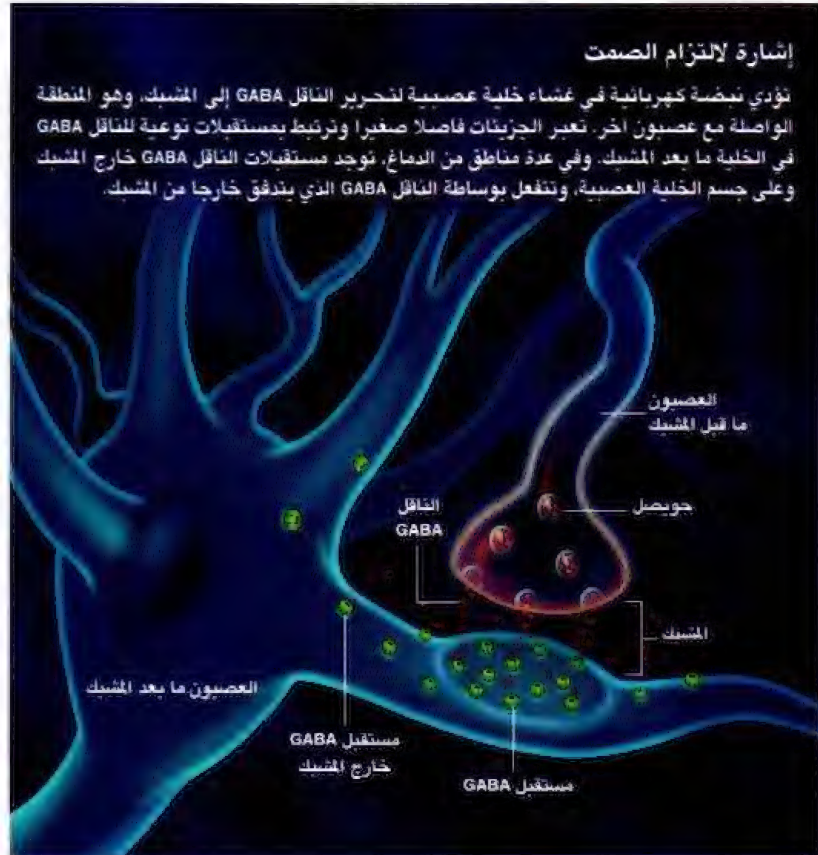
نحو تحديد أدق لأهدافنا^{١١}

قررت وزملائي أن نركز على تحديد المستقبلات التي تؤثر في الخواص المعطلة للذاكرة، فلذلك ركزنا دراساتنا على المستقبلات GABA_A في الحصين ومن المعروف أن المواد المخدرة تسبب المساواة في جرعات أخفض بكثير من تلك الضرورية للغياب عن الوعي وعدم التحرك، وهو تأثير معروف بالنسبة إلى أطباء التخدير مثلاً، لأن المرضى نادراً ما يتذكرون محادثاتهم في الفترة ما قبل التخدير وبعد الصحو منه مباشرة. ومع ذلك ولأسباب غير معروفة يعاني بعض المرضى تذكراً غير متوقع لأحداث جرت خلال الجراحة نفسها. وهكذا، فعن طريق إيجاد المستقبلات الهدف الصحيحة لتأثيرات التخدير المسببة للمساواة قد يصبح من الممكن أن نحدد المرضى الذين لديهم خطورة الصحو أثناء العمليات، لأن لديهم نقصاً في هذه المستقبلات. وكبديل لذلك، يمكن تطوير استراتيجيات دوائية لمنع حدوث الصحو أو على الأقل منع تذكر حدوثه.

لقد كان من المدهش خلال عملنا أن نجد أنه حتى المستقبلات خارج المشبك يمكن أن يكون لها دور في عمل المواد المخدرة. إذا كان المشبك يعمل كلوحة قواطع بين خليتين، فإن المستقبلات في محيط المشبك أو المنتشرة على طول جسم الخلية العصبية يمكن أن تتصورها كقواطع موضوعة على الخط الهاتفي نفسه. إن المستقبلات GABA_A هذه، تعمل حتى بتركييزات منخفضة جداً من مادة GABA التي تكون موجودة طبيعياً في الحيز الخارج الخلوي أو تتناثر من المشابك المجاورة وكما يبدو، فإن أعداداً كبيرة من المستقبلات الخارج المشبكية توجد في مناطق معينة من الدماغ، مثل الحصين والمهاد thalamus (وهي منطقة لها علاقة بالوعي وتوليد الألم)، وكذلك مناطق في القشرة والمخيخ.

لقد اكتشفنا مصادفة دور المستقبلات

Jamming Transmission | ١٠
Narrowing Down Targets | ١١



المواد المخدرة والناقل GABA: تغيير الشحنة

إن النمط الفرعي للمستقبل الذي يسمى GABA_A هو عبارة عن قناة في الخلية ما بعد المشبك تتكون من خمس وحدات فرعية بروتينية. وعندما يرتبط الناقل GABA به، يفتح المستقبل ليدخل الأيونات ذات الشحنة السالبة، فيزيد من استقطاب الغشاء الخلوي ويمنع العصيون من توليد النبضة الكهربائية (في اليسار). ويعتقد أن المواد المخدرة تعمل عن طريق الارتباط بشقوق في المستقبل GABA_A وإطالة مدة فتح القنوات، مما يسبب فرط استقطاب الغشاء الخلوي (في اليمين).

GABA_A الخارج المشبكية كأهداف للأدوية المخدرة بعد محاولتنا غير الناجحة لبعض الوقت في أن نحدد المستقبلات ما بعد المشبكية الحساسة لتراكيز المواد المخدرة الخفيفة التي تسبب النساق. وكنا قد بحثنا عن مجموعات المستقبلات ما بعد المشبكية التي تتعدل تآزرياً من قبل البروبوفول و propofol والميدازولام midazolam، وهما تثنى من الأدوية الأكثر استخداماً كمثبطات عصبية، ولم نجد أيًا من هذه المستقبلات أيضاً وعلى أي حال، اعتمد عملنا على أخذ تسجيلات للتيارات الكهروفيزيولوجية المولدة في العصبونات الحسية في النسخ

المستقبلات GABA_A الخارج المشبكية كانت مختلفة هيكلية على نحو طفيف عن مجموعات المستقبلات ضمن المشبك. من حيث إنها تحوي على نحو رئيسي الوحدة الفرعية alpha-5 التي تفتقدها المستقبلات ما بعد المشبكية عموماً. وهذا التغير المفرد بدا أنه السبب في حساسيتها حتى لكميات ضئيلة من أدوية التخدير لقد كانت هذه النتائج مثيرة لنا، لأن هناك إثباتات متزايدة من علماء العلوم العصبية الذين يعملون على أسئلة بحثية أخرى حول أن المستقبلات GABA_A التي تحوي الوحدة الفرعية alpha-5 لها دور في عمليات الذاكرة المعتمدة على الحصين،

وفي الوقت نفسه توظف مختبرات في أوروبا وأمريكا تقنيات تجريبية لاستكشاف تأثيرات التنويم وعدم التحرك لأدوية التخدير. فمثلاً طور (E G) هومانيكس [من كلية طب بيتسبرغ] فئراناً تفتقد للوحدة الفرعية delta من المستقبلات GABA_A التي من المعروف أنها تمنح حساسية عالية للستيرويدات العصبية neurosteroids. لقد وجدت مجموعته أن الفئران المفقدة لدلتا كانت كما هو متوقع أقل حساسية للمخدر ذي الأساس الستيرويدي «ألفاكالون» alphaxalone في الاختبارات التي تقيس قوة الدواء على إحداث الغياب عن الوعي. ولكن

قد تُطوّر استراتيجيات دوائية تمنع حدوث الإدراك أو على الأقل تذكره.

الزروعة، ولاحظنا أن التراكيز المحدثة النساق قد زادت على نحو مهم من التيارات المخفضة المدى، التي تولد من قبل المستقبلات GABA_A الخارج المشبكية. فعوضاً عن تكوين استجابة عند «لوحة القواطع»، كانت الأدوية تعمل على إحداث طنين سكوني أو مثبط في الخط الهاتفي نفسه سبب التشويش على الاتصال

ووجدنا أن الدوائين الوريديين إيتوميديت etomidate وبيروپوفول وحتى الخدر الإنشافي إيزوفلورين تزيد مدى التيار بمقدار 35 ضعفاً. وذلك بتراكيز تخفض بعدة مرات من تلك الضرورية لإحداث عدم التحرك immobility. والباحثون الآخرون بمن فيهم (M فارانت و G بريكلي وزملاؤهما [في جامعة لندن (UCL)]، قد وصفوا هذا التيار التخفيض حتى بغياب أدوية التخدير. ولكن ما فاجأ مجموعتنا هو حساسية المستقبلات الخارج المشبكية على نحو مهم لكل من أدوية التخدير الوريدية والإنشاقية، في الوقت الذي لم تسبب التراكيز المنخفضة إلا تغيرات يمكن إهمالها في التيارات ما بعد المشبكية. والدراسات السابقة، مثل دراستنا، قد ركزت على نحو واضح على المجموعة الصحيحة من بروتينات المستقبلات، ولكنها كانت تنظر في الاتجاه الخاطئ.

وأخيراً توصلت تجاربنا إلى أن

وهذا يدعم نظريتنا بأن المستقبلات alpha-5 الخارج المشبكية مسؤولة عن تأثيرات الأدوية في الذاكرة. ولكي نثبت نظريتنا أكثر، لجأنا إلى إجراء التجربة على الفئران المعدلة وراثياً والتي لا تمتلك الوحدة الفرعية alpha-5 وعلى الفئران الطبيعية التي تمتلك الوحدات الفرعية هذه. وكما هو متوقع، ففي الفحوص السلوكية كانت الفئران الطبيعية حساسة لجبرعات الإيتوميديت المسببة للنساق، في حين لم تظهر التأثيرات الدوائية في الذاكرة عند الفئران التي ينقصها المستقبل

ووجدنا أيضاً أن فقدان المستقبلات GABA_A alpha-5 ليس له تأثير في أي من نتائج التخدير: التركيب، عدم التحرك، التنويم، الاستجابة للمنبه الألمي. فقد كانت نفسها في مجموعتي الفئران. وأظهرت هذه النتائج أن تأثيرات الإيتوميديت في الذاكرة يمكن أن تفصل عن خواص الدواء الأخرى بالاعتماد على الفارماكولوجية الخاصة بوحدة فرعية معينة في المستقبل. وقد أعطتنا هذه التجارب أيضاً النموذج الأول عند حيوانات التجربة للاختلافات في المستقبلات التي قد توجد عند البشر ويمكنها أن تشرح بعض حالات المقاومة لقدرة المخدر على إحداث النساق. إن الدراسات الحالية سوف تحدد فيما إذا كانت أدوية التخدير العام الأخرى تستهدف أيضاً المستقبلات GABA_A alpha-5 لتحدث النساق.

الفئران المعدلة لم يظهر عليها فرق في استجابتها للبروبوفول والإيتوميديت وأدوية التخدير غير الستيرويدية الأخرى عند مقارنتها بمجموعة الشاهد الطبيعية. عموماً لا تستخدم أدوية التخدير الستيرويدية حالياً، ولكن هذه النتائج أكدت المبدأ القائل بأن أصنافاً مختلفة من أدوية التخدير تستهدف مجموعات فرعية مختلفة من المستقبلات GABA_A.

لقد غيرت مثل هذه التجارب الفكرة القديمة التي تقول إنه لكون أدوية التخدير مختلفة فيما بينها كيميائياً، فإنها يجب أن تحدث تأثيراتها المتعددة بآلية عامة معينة. ويبدو أن التطوير التجريبي للأدوية المخدرة قد عثر على مواد كيميائية تنتج تأثيرات نهائية متشابهة. مع أن كل دواء منها يعطي هذه التأثيرات عن طريق آليات خاصة به

على سبيل المثال، الإيتوميديت هو المخدر الوحيد في الممارسة السريرية الانتقائي للمستقبلات GABA_A التي تحتوي على وحدات فرعية beta-2 أو beta-3 وليس beta-1. وبالفعل فإن الفروق بين تحت الوحدات beta التي تستجيب للإيتوميديت وتلك التي لا تستجيب، أنها لا تحتوي حتى على تغير في حمض أميني واحد في نقطة معينة في الهيكل المكون لوحدات البيروتين الفرعية. وقد طورت شركة الأدوية ميرك Merk فئراناً مقلدة الجينات (المورثات) مع



مراقب مخطط الكربون

يعرض قياسات ثاني أكسيد الكربون
المزفوف للتأكد من كفاءة التهوية

جهاز اعتيائ الغاز

يراقب تراكيز الأكسجين وثاني أكسيد
الكربون والمواد المضرة الإضافية في كل من
الهواء المستنشق والمزفوف

المختبرات

تخزن أدوية التخدير الإضافية وتعطى
بالتراكيز الدقيقة المطلوبة

مراقب إيصال التخدير

أجهزة التحكم في الجريان

وحدة إيصال التخدير

تمزج أدوية التخدير الإضافية مع
الأكسجين وهواء الغرفة ويتحكم في
جريانها بكشف نظام الإنذار عن أي
انفصال في دائرة التنفس أو التغيرات
في مستوى الأكسجين المستنشق
وبعض تخلص ثاني أكسيد الكربون
والغازات الإضافية المزفوفة، فلا تلوث
جو غرفة العمليات

طفرة في موقع الحمض الأميني ضمن
الوحدة الفرعية beta-2، ووجدت أن
الأيثوميديت كان أقل تأثيراً في إحداث غياب
الوعي عند الحيوانات، ولكن تأثيرات عدم
التحرك الخاصة بالدواء قد بقيت. ولّد >
رودولف < [عندما كان في جامعة زيوريخ]
فناناً منقولة الجينات مع الطفرة نفسها في
الوحدة الفرعية beta-3، ووجد أنها أزالته
على نحو كبير فعالية الأيتوميديت
والهروپوفول في إحداث الغياب عن الوعي
والتسكين عند الحيوانات. وعلى العكس، فقد
تبين أن الألفاكزولون كان له التأثير نفسه في
كل من الفئران الطبيعية وتلك التي تحمل
الطفرة، مما يشير إلى أن الوحدات الفرعية
هذه هي على الأغلب أهداف غير مهمة لهذا
الدواء

وحتى الآن، لم يتحدد ما إذا كانت
الطفرات الدقيقة في الوحدات الفرعية
للمستقبلات beta-2 و beta-3 تؤثر في
الخواص المخدرة للدواء كما أن مناطق
الجهاز العصبي المركزي في الفئران المنقولة
الجينات التي تتأثر بالطفرات مازالت مجهولة.
مع أن بعض الدلائل تقترح أن المستقبلات
GABA_A الخارج المشبكية في المهاد يمكن أن
تكون مهمة. وإذا أخذنا هذه الدراسات جميعاً
وجدناها تؤكد الدور المركزي الذي تؤديه
المستقبلات GABA_A في عمل أدوية التخدير
والخطوة القادمة ستكون البدء بترجمة هذه
المعرفة المأخوذة من أدوية التخدير العام
الحالية إلى أدوية تكون غير عامة

معالجة موائمة للغرض منها

كما بين بحث مجموعتي والمجموعات
الأخرى فإن المستقبلات الخارج المشبكية
GABA_A alpha-5 في الحصين هي أساسية
لتأثيرات الأيتوميديت المهدئة للنساعة، وربما
لأدوية التخدير العام الأخرى المستخدمة
حالياً. وتقترح هذه النتائج أن الأدوية التي
تتجنب أو تستهدف ذلك المستقبل المحدد،
بإمكانها أن تحفظ انتقائياً تشكل الذاكرة أو
تمحوه بحسب الحاجة.

في الحقيقة، يتم تطوير مثل هذه
المركبات لاستخدامات أخرى. إن الأدوية
المركنة المنومة - التي لا تعمل على الوحدة
الفرعية alpha-5، ومن ثم ليس لها تأثير

مشوش للذاكرة كما في البنزوديازيبينات وبعض
الحبوب المنومة المعينة - هي في المرحلة ما قبل
السريية. وأما الكابوكزادول Gaboxadol -
وهو الدواء الأول الذي يستهدف انتقائياً
المستقبلات GABA_A الخارج المشبكية لزيادة
وظائفها - فإن التجارب السريية عليه تُجرى
حالياً. لقد طُوِّر الكابوكزادول في البداية كدواء
مضاد للاختلاج، ولكنه يدرس حالياً كدواء
محدث للنوم: إنه يستهدف المستقبلات
GABA_A المحتوية على الوحدة الفرعية delta
والموجودة على نحو رئيسي في المهاد والخفيخ،
ولذلك فإنه قد يتجنب التأثير في الذاكرة. إن
خاصية حصر الذاكرة الموجودة في المركبات
المشابهة والتي تتفاعل مع المستقبلات
alpha-5، يمكن أن تكون مفيدة جداً في حالات
الجراحة: إذ ستكون من الأدوية المرغوب فيها
بشدة، تلك الأدوية التي تحدث النساعة من دون

تثبيط التنفس أو منعكسات الطريق الهوائي أو
الجهاز القلبي الوعائي وبالمشاركة مع أدوية
التخدير الأخرى يمكن أن يُستخدم دواء مزيج
للذاكرة للوقاية من حالات الصحو أثناء
العمليات على سبيل المثال وقد تكون مثل هذه
الأدوية مفيدة لوحدها في علاج المرضى
الذين يعانون اضطراب الشدة بعد الرض
post traumatic stress disorder عن طريق تثبيط
ذكريات معينة مثيرة للشدة.

إن التعامل مع تأثيرات التخدير في
الذاكرة هو مثال واحد على المقاربة الجديدة
لعلم التخدير التي سوف تكون ممكنة مع مثل
هذه الأدوية التي يجري العمل عليها. ففي
العديد من الحالات يكون التثبيط العصبي
الواسع والشامل لأدوية التخدير الحالية غير

Tailored Treatment (١٠)
sampler

أدوات تدبير الخطورة

قبل الجراحة تحت التخدير العام، يرى المريض ويتم وصله إلى مجموعة من أجهزة المراقبة. وكثير منها موجود لمراقبة التغيرات الجانبية لمواد التخدير التي تنبئ التنفس ووظيفة القلب وتخفض ضغط الدم ودرجة حرارة الجسم. ومن واجب طبيب التخدير أن يعاير جرعات الأدوية المعطاة ليصل إلى عمق التخدير المرغوب فيه من دون أن يؤدي الوظائف القلبية والتنفسية للمريض إلى درجة تعرضه لخطر الموت.

دائرة التنفس

يوصل الأكسجين والهواء مدروجا مع أدوية التخدير الإنشائية عبر أنبوب واحد. تزيل الغازات المرفورة عبر أنبوب آخر.

مساري تخطيط القلب

تنطق على الصدر والأطراف لسماع فعالية القلب الكهربائية ومعدل دقاته.

غطاء التدفئة

يدفع هواء ساخنا ليحافظ على درجة حرارة الجسم ومن الشائع أيضا استخدام مدفئات الدم والسوائل الوريدية.

أدوات لا تظهر في الشكل

مقياس قياس الحرارة

يطبق على الجلد أو يدخل لداخل المريء أو المستقيم بحسب نوع العمل الجراحي وطول مدته.

القططرة الشريانية

تدخل ضمن شريان في المعصم أو المنطقة الإبرية (المعبر) يعطي قياسا لضغط الدم مع كل نبضة. فليده ويسمح بتأخذ عينات من الدم على نحو متكرر.

مقياس مقياس

التاكيسج النبضي

يثبت على الإصبع أو الأذن لقياس مستوى الأكسجين في الدم.

كم قياس

ضغط الدم

الخط الوريدي

يعطى عبره الأدوية المخدرة والسوائل الوريدية.

المؤلفة

Beverly A. Orser

أستاذة علم التخدير والفيزيولوجيا في جامعة تورونتو وممارسة التخدير في المستشفى الجامعي Sunnybrook Health Sciences Center ورئيسة قسم أبحاث التخدير في كندا. وتركز «أورسر» كونها طبيبة وباحثة، على تحسين سلامة المرضى. وبدراسة الآليات الجزيئية التي تتضمنها أدوية التخدير، فإنها تأمل أن تدفع قدما نظريات العناصر الجديدة والعلاجات المرتبطة بها ليكون التحكم فيها أكثر دقة. وتعمل «أورسر» أيضا مستشارة لشركة الأدوية ميرك، التي طورت مساعد النوم «كابوكزادول».

مراجع للاستزادة

Anesthesia Safety: Model or Myth? Robert S. Lagasse in *Anesthesiology*, Vol. 97, pages 1609-1617; December 2002.

Molecular and Neuronal Substrates for General Anaesthetics. Uwe Rudolph and Bernd Antkowiak in *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 5, pages 709-720; September 2004.

Emerging Molecular Mechanisms of General Anesthetic Action. Hugh C. Hemmings et al. in *Trends in Pharmacological Sciences*, Vol. 6, No. 10, pages 503-510; October 2005.

$\alpha 5GABA_A$ Receptors Mediate the Amnestic but Not Sedative-Hypnotic Effects of the General Anesthetic Etomidate. Victor Y. Cheng et al. in *Journal of Neuroscience*, Vol. 26, No. 14, pages 3713-3720; April 5, 2006.

Scientific American, June 2007

قسروري وغير مرغوب فيه، ومع خلطة من التركيبات، كل منها يحدث نتيجة واحدة مرقويا فيها، ستكون النسخة المستقبلية من العناية التخديرية قادرة على جعل المريض يتحدث غير شاعر بالألم عند رد كسر في أحد أطرافه، أو يكون عديم الحركة ومركنا ولكنه واع في أثناء تبديل مفصل الورك لديه. إن هذه المقاربة المتعددة الأدوية تستخدم نظريا على نحو واسع في جوانب أخرى في العناية المتعلقة بالجراحة، وأكثرها في علاج ألم بعد العمليات.

إن التخدير حاليا أكثر أمنا مما مضى، ولكن بكل تأكيد ليس خاليا من الخطورة. ولدينا فرصة كبيرة حاليا لننتقل إلى ما بعد مرحلة الأيثر باتجاه نمط حديث فعلا للعناية التخديرية.

Risk Management Tools

منع الانقطاع الشامل للكهرباء

إن شبكة كهرباء أكثر ذكاءً وتستجيب
بصورة تلقائية للمشكلات الطارئة،
يمكنها أن تقلل العدد المتزايد من
الانقطاعات الشاملة للكهرباء.

«مسعود أمين» - F. P. شيوي

كان الرابع عشر من الشهر 2003/8 يوما من الأيام الحارة المعتادة في وسط الغرب الأمريكي: ولكن بعد الثانية عصرا بقليل أصتكت عدد من خطوط الحمل الكهربائي العالي في شمال أوهايو ببعض الأشجار العالية، مما أدى إلى انقطاع التيار الكهربائي في تلك المنطقة. ومن المعتاد أن يؤدي مثل هذا الاضطراب إلى إطلاق أجهزة الإنذار في مركز التحكم المحلي. حيث يقوم العاملون فيه وبالتعاون مع القائمين على التحكم في المناطق المجاورة، بالعمل على تعديل مسارات الطاقة الكهربائية تفاديا لمنطقة المصابة

ولكن في ذلك اليوم ونتيجة لعطل في البرامج الحاسوبية المتحكم في أجهزة الإنذار، لم تنطلق هذه الأجهزة، مما جعل التشغيل المحليين على غير علم بتلك المشكلة. أما العاملون الآخرون الذين كانوا مشغولين بتوجيه كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية إلى مساحات تمتد مئات الأميال عبر أوهايو وميتشيغان وشمال شرق الولايات المتحدة وأونتاريو في كندا. فقد كانوا هم أيضا غير متبهين لذلك، مما أدى إلى أن تتحمل خطوط الطاقة المحيطة بالمنطقة المصابة كميات من الكهرباء أكبر من القيم الآمنة للتشغيل.

ومما زاد الأمر سوءا أن مرافق الكهرباء utilities حينذاك لم تكن تقوم بتوليد القدر الكافي من الطاقة المفاعلية reactive power وهي من خصائص المجالين العنطيسي والكهربائي وهي التي تدفع التيار خلال أي سلك. ونتيجة لعدم توافر القدر اللازم من الطاقة المفاعلية لدعم المسارات البعيدة فجائيا للطاقة الكهربائية، فقد انصلت خطوط ذات الحمل العالي في الساعة 4:05 بعد الظهر ونتيجة لذلك تعطلت إحدى محطات التوليد، مما أدى إلى اضطراب في استقرار النظام، ثم انفصال مزيد من الخطوط والمحطات. وقد توالى الأحداث بطريقة أسرع من قدرة المشغلين على التتبع بواسطة أجهزة المراقبة التي يبلغ سرعتها عدة عقود والمنتشرة على امتداد الشبكة الكهربائية في معظم أمريكا الشمالية. كما كانت الأحداث أسرع من مرتهم على التحكم. وفي خلال ثماني دقائق قطع التيار الكهربائي عن 50 مليون شخص في ثماني ولايات أمريكية ومنطقتين

كنديتين وكان ذلك أكبر انقطاع للطاقة الكهربائية في تاريخ أمريكا الشمالية وكانت كارثة 2003 أيضا مؤشرا. فإنه وخلال شهرين كانت هناك حوادث مماثلة لانقطاع التيار في كل من المملكة المتحدة والدانمرك والسويد وإيطاليا. وفي الشهر 2003/9 كان هناك حوالي 57 مليوناً من الإيطاليين من دون كهرباء بسبب التعقيدات في نقل الطاقة من فرنسا إلى سويسرا ومنها إلى إيطاليا وعلى امتداد أكثر من عقد من الزمن زاد عدد حالات الانقطاع الكهربائي عن أكثر من 50 000 شخص في الولايات المتحدة. إضافة إلى الإزعاج فإن انقطاع التيار الكهربائي يؤدي إلى خسائر اقتصادية جسيمة وسوف تسوء الاضطرابات ما لم يتم إصلاح كامل لنظام نقل الطاقة من محطات التوليد إلى المحطات الفرعية المحلية. ولا بد من بناء عدد أكبر من خطوط الضغط العالي لكي يتم مجازاة الطلب المتنامي بسبب زيادة أحمال تكييف الهواء والحواسيب، وكذلك الأجهزة الإلكترونية الحديثة القابلة للشحن.

ولكن ربما من الأهم بكثير أن تكون شبكة الطاقة أكثر ذكاء. فمعظم الأجهزة التي تهتم بسريان الكهرباء، يعود تاريخها إلى السبعينات من القرن الماضي، ولذلك فإن نظام التحكم ليس بالجودة التي تمكنه من متابعة الاضطرابات في وقتها الحقيقي - وقت وقوعها - أو أن يستجيب بطريقة آلية لعزل المشكلات قبل أن تتفاقم. فيجب أن تكون كل نقطة من شبكة الطاقة متيقظة ومستجيبة وعلى اتصال بكل نقطة أخرى إضافة إلى ذلك فإن المعلومات التي تصل إلى المشغلين في محطات التحكم المركزية ضئيلة وبعرت عليها 30 ثانية على الأقل. مما يجعل من المتعذر عليهم الاستجابة بالسرعة الكافية لوقف الاضطرابات المتلاحقة التي توشك على البدء. ولذا فإن شبكة ذكية ذاتية الإصلاح ومتنبهة للاضطرابات المتنامية والتي تستطيع إعادة تشكيل نفسها لحل المشكلة، ستكون قادرة على تقليل الانقطاعات الكهربائية بدرجة كبيرة؛ وستستطيع أيضا احتواء الفوضى التي قد تنشأ نتيجة لعمل تخريبي؛ وستسمع أيضا بنقل الطاقة الكهربائية بطريقة أكثر كفاءة، مما يوفر ملايين الدولارات للمستهلكين ومرافق الكهرباء أثناء التشغيل العادي وتتوافر الطاقة اللازمة لبناء مثل هذه الشبكة

الذكية، وقد برهنت العروض الحديثة للمشروعات على جدواها

إرباك سببه التحديث

لقد أصبح نظام النقل مهدداً بانقطاع التيار بسبب الجهود المبذول على امتداد قرن من الزمن لخفض فقد الطاقة فيه. فائتاء مرور الطاقة الكهربائية في سلك فإن جزءاً منها يتم فقدته على هيئة حرارة. والفقد يتناسب مع قيمة التيار المحمول، لذلك فإن مرافق الكهرباء تعمل على خفض التيار وتعويض ذلك برفع الفلطة (الجهد الكهربائي). كذلك استمرت هذه المرافق في بناء خطوط نقل أطول وذات فلطة أعلى لتوصيل الطاقة الكهربائية بكفاءة عالية من محطات التوليد إلى المستهلكين البعيدين. وتسمح هذه الخطوط ذات الفلطة العالية أيضا لمرافق الكهرباء القريبة بربط شبكاتهم، وبذلك يساعد كل منها الأخرى على المحافظة على توازن حيوي بين التوليد واحتياجات المستهلك.

ولكن مثل هذه الارتباطات قد تؤدي إلى أخطار معينة، منها الانتشار السريع للانقطاع في أحد القطاعات إلى القطاعات الأخرى. وقد دفع الانقطاع الكبير أثناء عام 1965 في الشمال الشرقي من الولايات المتحدة الأمريكية، المرافق إلى تأسيس «هيئة أمريكا الشمالية للموثوقية الكهربائية» (NERC)، وذلك للتنسيق بين الجهود المبذولة بهدف الارتقاء بموثوقية النظام. وتوجد حول العالم هيئات مشابهة (مثل الاتحاد الأوروبي لتنسيق نقل الكهرباء).

لماذا إذاً كانت شبكة الولايات المتحدة معرضة بما فيه الكفاية للانهيار الكبير في عام 2003؟ أحد الأسباب الرئيسية يكمن في عدم توافر الاستثمار في تحسين نظام النقل فبسبب الارتفاع السريع لأسعار الوقود في السبعينات من القرن الماضي وعدم الحماس المتزايد للطاقة النووية، أقر الكونغرس الأمريكي تشريعاً يهدف إلى السماح بالمنافسة في السوق بهدف تحسين الكفاءة. وأدى ما تبع ذلك من قوانين إلى تغيير كاسح في الصناعة وهو الذي صار يعرف باسم إعادة الهيكلة

Overwhelmed by progress (١٠)

(١١) وتسمى أيضا طاقة (قدرة) غير فعالة والمفاعلية هنا صفة حالة مفاعلة تحريضية أو موسمية (التحرير)

وقبل بدء إعادة الهيكلة بصورة جدية في تسعينيات القرن الماضي، قامت معظم المرافق، كلٌ في منطقته، بإجراء جميع المهام الثلاث التالية: توليد الطاقة في محطات توليد كبيرة ونقلها إلى المحطات الفرعية بواسطة خطوط القلطية العالية. وبلي ذلك توزيعها على المستهلكين عن طريق خطوط ذات قلطية أقل ويوجد حاليا العديد من منتجي الطاقة الذين يبيعونها لمستهلكين على مسافات بعيدة أو قريبة من خلال خطوط نقل غير مملوكة لهؤلاء المنتجين. وفي الوقت نفسه، قامت بعض المرافق ببيع أجزاء منها بتشجيع من اللجنة الفدرالية التنظيمية للطاقة بهدف تكوين المزيد من المنافسة. وبالتدريج أصبح موضوع نقل الطاقة خليطا محيرا من خدمات منظمة وأخرى غير منظمة، حيث تقوم شركات مختلفة بالتحكم في أجزاء متناثرة من الشبكة

والآن عرف المستثمرون مدى جاذبية توليد الطاقة التي تعتبر حاليا وفي الغالب غير منتظمة ولكن ما يثير قلق المستثمرين هو عدم وضوح مصير نظام نقل الطاقة لكونه غير منظم جزئيا فقط (عملية تنظيم مجال التوزيع مازالت في مراحلها الأولى). وفي هذه الأثناء وعلى الرغم من أن توجيه نقل الطاقة قد تم في الماضي، فإنه منذ تسعينيات القرن الماضي قد تم نقل كميات أكبر من الطاقة عبر مسافات بعيدة. ونتيجة لذلك تتم عمليات نقل كبيرة عبر خطوط نقل تم بناؤها منذ عدة عقود بواسطة مرافق الكهرباء. في الغالب للاستخدام على النطاق المحلي

نظرة إجمالية/ شبكة ذكية

- لعقود من الزمن، زاد الطلب على الكهرباء باطراد، ومع ذلك لم تتم أي إضافات أو تحديث بنفس المعدل لخطوط النقل التي تقوم بنقل الطاقة من محطات التوليد إلى المستهلكين. ونتيجة لذلك أصبحت الشبكة محملة أكثر من المسموح به، مما يجعلها عرضة لانقطاعات الكهرباء التي زادت عددا وشدة، وأدى ذلك إلى خسارة اقتصادية سنوية للولايات المتحدة تزيد على 70 بليون من الدولارات.
- وحتى في وجود عدد أكبر من خطوط النقل هناك حاجة إلى شبكة ذكية قادرة على إصلاح نفسها بنفسها وعلى الاستشعار المبكر بالمشكلات المحلية وعلى القيام تلقائيا بإصلاحها أو عزلها قبل أن يزداد حجمها، وهذا يمنع حدوث الانقطاعات المتتالية للطاقة التي تسبب انقطاعات الكهرباء.
- لا بد من تزويد كل خط من خطوط النقل وكل محطة فرعية وكل محطة توليد وكذلك كل مركز من مراكز التشغيل، بأجهزة المتحكمات الرقمية وأجهزة الاتصالات الفورية.
- تحتاج مراكز التشغيل، كذلك إلى أجهزة حاسوبية وبرامج شديدة تمكن القائمين على التشغيل من التحكم في الشبكة الذكية المشغلة ليا وذلك بطريقة يدوية إذا بدأ الانقطاع بالظهور بصورة أو بأخرى، ويحتاج القائمون على التشغيل كذلك إلى تدريب أفضل لمعرفة كيفية التصرف بسرعة.

إن التشريع الفدرالي المقترح قد يشجع على زيادة الاستثمار، ولكن حتى في حالة زيادة سعة النقل فإن الانقطاعات الكهربائية سوف تستمر في الحدوث. إن من اللازم إعادة تجهيز شبكة الطاقة بالكامل، لأن التقانات الحالية للتحكم التي لها دور أساسي في سرعة استشعار فشل أحد الخطوط الصغيرة أو احتمال حدوث حالة كبيرة من عدم الاتزان، قد أصبحت من طراز عتيق. ولكي تستمر الشبكة في حالة يعتمد عليها يجب أن تعمل بطريقة شبيهة بعمل الطائرة الحربية، التي تطير في معظم الوقت باستخدام أنظمة مستقلة، بحيث يستطيع التحكم البشري أخذ زمام السيطرة عند الحاجة لتفادي كارثة.

الحاجة إلى السرعة

تجهز الطائرات الحربية الحديثة بأجهزة قيادة متقدمة تمكن الطيار من الاعتماد على شبكة من أجهزة الاستشعار والتحكم الآلي التي تجمع المعلومات بسرعة وتتصرف على أساسها. ولحسن الحظ، فإن التطورات الحديثة في البرامج والأجهزة الحاسوبية المطلوبة لتشغيل الشبكة الكهربائية بطريقة مشابهة ولتغيير مسارات سريان الأحمال بسرعة انية وكذلك لإغلاق محطات التوليد، متوافرة بالفعل

ومع ذلك فإن عملية إعادة تشكيل نظام متشابك تعتبر تحديا كبيرا فمعظم محطات

التوليد وخطوط النقل تتم مراقبتها بواسطة نظام إشراقي للتحكم وتجميع البيانات (SCADA) ويقوم هذا النظام الذي يحتوي على أجهزة استشعار ومتحكمات بسيطة بثلاث وظائف حيوية هي تجميع البيانات والتحكم في محطات التوليد وعرض الإنذار وكذلك السماح للمشغلين الموجودين في محطات التحكم الرئيسية بالقيام بأعمال معينة، مثل فتح قاطع التيار أو غلقه. ويراقب النظام SCADA المفاتيح والمحولات وأجزاء من أجهزة صغيرة تعرف باسم متحكمات منطقية قابلة للبرمجة. وأيضا وحدات الأطراف البعيدة remote terminal units والموضوعة في محطات التوليد والمحطات الفرعية وتقاطعات خطوط النقل والتوزيع ويقوم النظام بإرسال المعلومات أو الإنذارات إلى المشغلين عبر قنوات الاتصالات.

ولكن النظام SCADA يرجع إلى 40 عاما مضت، فإن جزءا كبيرا منه بطيء في التعامل مع تحديات الحاضر ولا يقوم بالاستشعار أو التحكم بدرجة كافية في المكونات على امتداد الشبكة. ومع أنه يسمح ببعض التنسيق في النقل بين المرافق، فإن هذه العملية بطيئة ومتعثرة لدرجة كبيرة. وما زال معظمها يتم على أساس مكالمات هاتفية بين المشغلين البشريين في مراكز التحكم للمرافق ولاسيما أثناء الطوارئ. إضافة إلى ذلك، فإن معظم المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة ووحدات الأطراف البعيدة تم تطويرها قبل إرساء المواصفات الخاصة بالقدرة على التشغيل البيني interoperability في جميع النشاطات الصناعية، ولذلك نرى المرافق المتجاورة غالبا ما تستعمل برامج غير متوافقة. وتقترب المرافق باستمرار من حافة مجال الاتزان باستخدام أنظمة التحكم التي كانت تتبع في ستينات القرن الماضي.

شبكة ذكية ذاتية الإصلاح

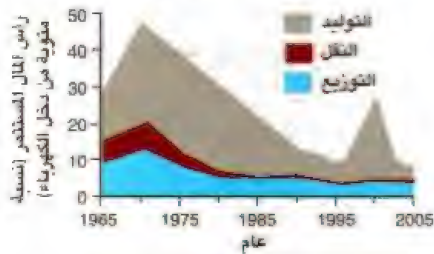
وتكون النتيجة ألا يستطيع أي مشغل بمفرده أو مرافق utility القيام بترديد أو عزل عطل في النقل الكهربائي. وتتطلب

Overview / Smart Grid
A Need for Speed
The Self-Healing Smart Grid
stabilize

المشكلة: كثرة المشاركين وقلة الاستثمارات^(٤)

منع هيكله المرافق (في أسفل الشكل) بسبب تحرير الأسواق deregulation تمثل سببا رئيسيا لزيادة انقطاع الكهرباء في الرسم البياني السفلي). ونظرا لعدم مسؤولية شركة واحدة عن الأعمال في منطقة معينة، فإنه لا يتم استثمار الطاقة (أو توسيعها لكي تتلاءم مع الطلب المتزايد (في الرسم البياني العلوي).

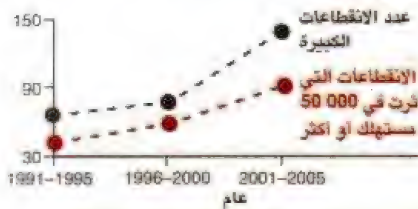
ميكلة أدت إلى تجزئة التحكم في منظومة الطاقة



سعة النقل تتراجع بالنسبة إلى زيادة الطلب

<p>7%</p> <p>الزيادة في سعة النقل</p> <p>(2009 - 1999)</p>	<p>20%</p> <p>الزيادة في الطلب على الكهرباء</p> <p>(2009 - 1999)</p>
--	--

النتيجة: تزايد أعداد الانقطاعات الكبيرة في العدد والشدة



ذلك على نطاق أوسع

وأفضل طريقة لبناء شبكة ذكية هي أن يحاول مصممها تلبيبة ثلاثة أهداف أولية. وأهم هذه الأهداف هو القدرة على المراقبة والاستجابة الآنية. وستقوم مجموعة من أجهزة الاستشعار بمراقبة الكميات الكهربائية كالفلطية والتيار وحالة المكونات الحيوية وباستعمال هذه القياسات، سيتمكن النظام من ضبط نفسه باستمرار للوصول إلى الحالة المثلى.

والهدف الثاني هو الترقب أو التوقع
فلا بد أن يقوم النظام بالبحث بشكل مستمر
عن مشكلات محتملة يمكن أن تسبب
اضطرابات أكبر. مثل محول يعاني زيادة غير

THE PROBLEM TOO MANY PLAYERS TOO LITTLE INVESTMENT

(١٦) سرقه Utility

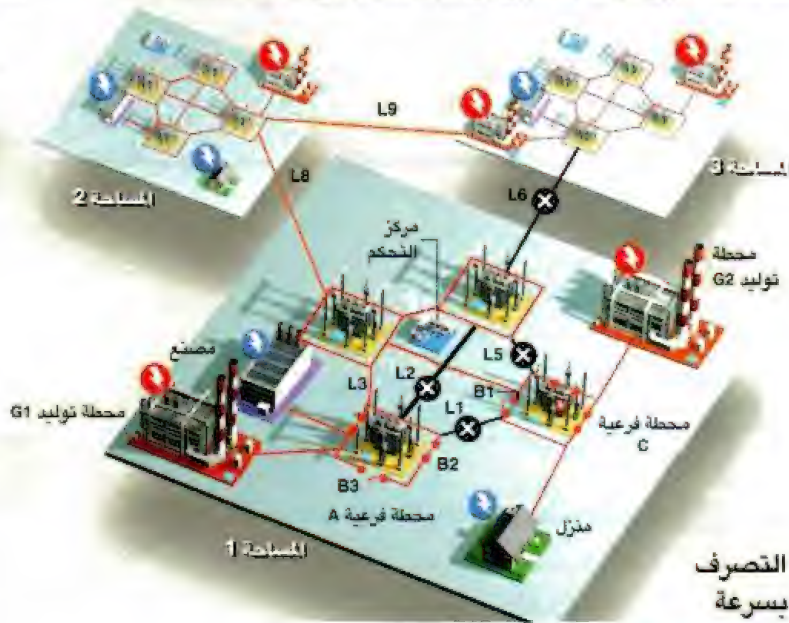
الديناميكية اللاخطية والذكاء الصناعي ونظرية المباريات game theory وهندسة البرمجيات إلى نظرية عامة حول كيفية تصميم أنظمة مركبة يمكنها التكيف مع الظروف المتغيرة وتقديم تقنيات الرياضيات وطرق الحوسبة إلى هذا التخصص الناشئ أدوات جديدة لمهندسي الشبكات. إن فرق العمل في الصناعة - بما فيها مجموعة تدار بواحد منا (أمين) عندما كان يعمل في معهد أبحاث الطاقة (EPRI) بيلوالثو في كاليفورنيا - قد اقترحت أنظمة مركبة ذاتية التكيف لشبكات الطاقة الإقليمية الكبيرة وعلى نطاق تجريبي قام العديد من المرافق بنشر وحدات ذكية للأطراف البعيدة ومتحكمات قابلة للبرمجة، يمكنها ذاتيا تنفيذ سيرورات بسيطة لا تحتاج إلى مراجعة مشغل بشري، أو يمكن إعادة برمجتها عن

بالرؤية الشبكية الحديثة مزيداً من المراقبة الذكية وقدر أكبر من التعامل المتبادل بين التشغيلين البشريين والأنظمة الحاسوبية وشبكات الاتصالات وأجهزة الاستشعار التي تقوم بتجميع البيانات، والتي يجب أن يتم نشرها في كل مكان داخل محطات توليد والمحطات الفرعية. ويتطلب التشغيل التي يمكن الاعتماد عليه أيضاً وصلات للاتصالات ذات اتجاهين وذات معدل عال نقل البيانات فيما بين هذه النقاط، إضافة إلى أنظمة حاسوبية قوية في مركز التحكم، وهذا غير موجود حالياً. كذلك يجب توزيع حواسيب ذكية على امتداد الشبكة يمكنها، بطريقة تلقائية، أن تعيد تشكيل سريان الطاقة عند الاستشعار بدء الانقطاع

يبدأ إطلاق الشبكة بنوع مختلف من تصميم النظام. فقد توصلت الأبحاث الحديثة في مجالات عدة، بما فيها الأنظمة

الحل: شبكة ذكية ذاتية الإصلاح⁽¹⁾

تخيل أن عاصفة رعدية ضربت الخطين L5 و L6. مثل هذا الحدث يؤدي عادة إلى سلسلة من ردود الأفعال على هيئة أعطال في الخطوط قد تتسبب بانقطاع الكهرباء في المساحة رقم 1. ولكن يمكن لشبكة ذكية أن تقوم بعزل المشكلة وتصحيحها كما هو مبين في الأسفل. يبدأ الإجراء بقيام حاسوب الرؤية إلى الأمام في مركز التحكم بمحاكاة إجراءات تصحيحية في أقل من نصف ثانية، ويرسل تعليمات إلى حواسيب التحكم على امتداد الشبكة.



التصرف بسرعة

0.04 ثانية بعد ذلك

إن خسارة الخطين L5 و L6 تؤدي إلى عطل في الخط L1. يأمر حاسوب التحكم كلا من قواطع التيار B1 و B2 بالفتح لعزل العطل، ولكن قاطع التيار B2 يفشل بالفتح ويبقى مغلقاً.

0.1 ثانية

يتسارع المولد G1 تلقائياً لتغطية الحمل بسبب فقد المولد G2 نتيجة للمشكلات في الخطين L5 و L1. المولد G1 يتسارع أيضاً لكي يحاول أن يجعل القطبية في المساحة 1 عند التردد المطلوب 60 هرتز (ذبذبة في الثانية).

0.4 ثانية

يطلب حاسوب المحاكاة والتحكم في المحطة الفرعية A من قاطع التيار B3 أن يفتح، وذلك لحماية المحطة الفرعية من الضرر نتيجة لمرور تيار كبير فيها. يفتح قاطع التيار B3 فاصلاً بذلك الخط L2. يستمر المولد G1 في مزيد من التسارع للتعويض.

0.5 ثانية بعد ذلك

يقوم مركز التحكم بفصل المولد G1 لمنع الضرر عنه بسبب التسارع المرتفع.

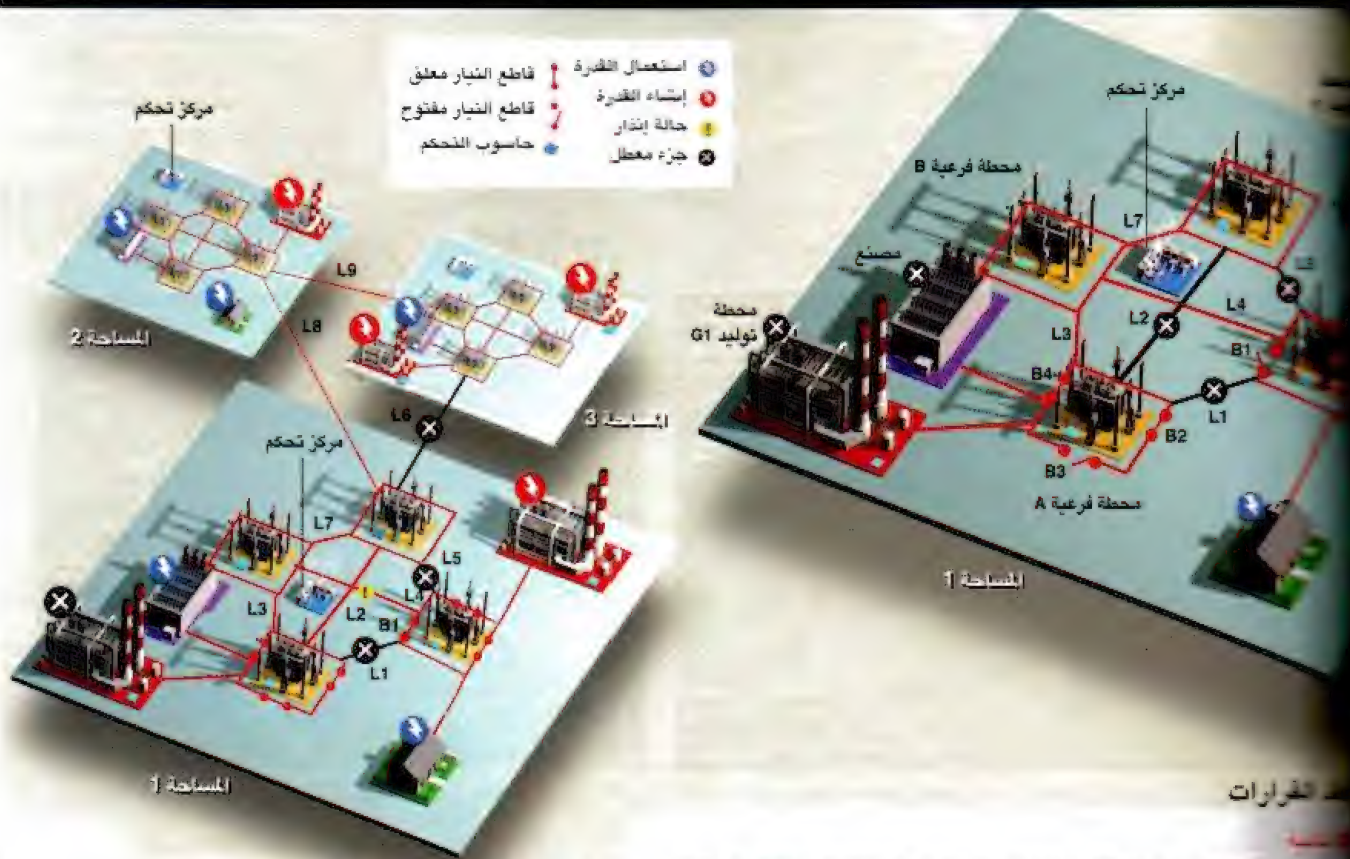
مسموحة في درجة الحرارة حينئذ تقوم الحواسيب بتقييم علامات الاضطراب وبتأنيها المحتملة ويمكنها بعد ذلك تحديد إجراءات تصحيحية وتجربتها من ناحية فعالية كل إجراء وتقديم أكثر الاستجابات فائدة إلى المشغلين الذين يستطيعون بعد ذلك الإسراع في تنفيذ الإجراء، التصحيحي عن طريق الاستفادة من العديد من إمكانيات التحكم الآلي في الشبكة وتطلق الصناعة على هذه القدرة مصطلح محاكاة سريعة للنظر إلى الأمام

والهدف الثالث هو العزل. فإذا كان للأعطال أن تحدث، فإن الشبكة بكاملها ستتجزأ إلى "جزر" منعزلة ينبغي أن تهتم كل واحدة منها بنفسها وتقوم كل جزيرة بإعادة تنظيم محطات التوليد وسريان الأحمال الخاصة بها بقدر استطاعتها وعلى الرغم من احتمال أن يؤدي ذلك إلى تغيرات في القطبية أو حتى إلى انقطاعات صغيرة، فقد يمنع ذلك الأحداث المتتالية التي تسبب انقطاعات كبيرة وفي حين يقوم عمال الخطوط بإصلاح الأعطال، يقوم طاقم التحكم بإعداد كل جزيرة لاستعادة ارتباطها بالشبكة الأكبر بطريقة سلسلة وسينصرف طاقم التحكم والحواسيب الخاصة بهم وكانهم شبكة توزيع ويقومون بالاتصال بوساطة الموجات الميكروية (الميكرويف) والألياف البصرية أو خطوط النقل نفسها وبمجرد استعادة سريان الطاقة الكهربائية سيبدأ النظام عملية الوصول ذاتياً إلى الوضع الأمثل

ولتحويل البنية التحتية الحالية إلى هذا النوع من الشبكة الذكية ذاتية الإصلاح، يجب أن يتم نشر ومكاملة تقانات متعددة وتتمثل الخطوة الأولى في بناء معالج بداخل كل مفتاح أو قاطع أو محول أو نقطة تجمع Bus Bar، وهي الموصلات الكبيرة التي تحمل الكهرباء بعيداً عن المولدات ويجب تجهيز كل خط نقل بمعالج processor له القدرة على التواصل مع المعالجات الأخرى. كل منها يتابع نشاط القطعة المعنية المسؤول عنها، وذلك عن طريق أجهزة استشعار للمراقبة تمت إضافتها إلى الأنظمة الخاصة بها. وحالما تتم مراقبة كل جهاز، يجب حينها الاستعاضة عن ملايين المفاتيح الكهربائية المستخدمة حالياً بدوائر الحالة الصلبة solid-state والقدرة

عداد القدرة الذي عمره عقود ويعتمد على التروس الدوارة، بعدد رقمي يستطيع اقتفاء أثر التيار الداخل إلى مبنى وكذلك اقتفاء أثر التيار المرسل إلى الخارج وهذا يسمح لمرافق الكهرباء بتقدير أفضل لكمية الطاقة والطاقة المفاعلية التي تنساب من المنتجين المستقلين راجعة إلى الشبكة وسيسمح ذلك أيضاً لمرافق الكهرباء باستشعار الاضطرابات المحلية الصغيرة، مما يمكن من تقديم إنداز مبكر عن المشكلات التي يمكنها أن تتفاقم، مما يحسن

الإلكترونية power - electronic، وهي نفسها بحسب تقويتها لتحتمل أعلى قطبية نقل 345 كيلوفولط وأكبر من ذلك. وهذا التحسين من الأجهزة التماثلية إلى الأجهزة الرقمية سيسمح بالتحكم الرقمي لكامل الشبكة، وهي الطريقة الوحيدة لتنفيذ المراقبة الذاتية والإصلاح الذاتي في الزمن الفعلي إن الانتقال الكامل يتطلب كذلك تحويل خطوط التوزيع الصغيرة ذات القطبية المنخفضة والتي تغذي كل منزل ومؤسسة، إلى رقمية. إن مفتاح الحل هو الاستعاضة عن



العودة إلى الوضع الطبيعي

60 ثانية

وضعت الخطوط L3 و L4 و L7 كاحتياط لكن الخط L4 سيصبح محملاً بأكبر مما يحتمل. يتصل المشغلون البشريون في مركز التحكم عن طريق الأقمار الصناعية بالمشغلين في مركز تحكم المساحة 2 طالبين المساعدة. يقوم المشغلون في المساحة 2 بإرسال طاقة عبر الخط L8، كما يقومون بتوجيه حواسيب التحكم في قطاعهم لتغيير انسياب الطاقة قليلاً للتعويض عن التصدير المفاجيء. وحالما يقوم عمال الطرق بإصلاح الخطتين المعطوبتين L5 و L6 تقوم الحواسيب بإرجاع الخط L7 ومحطة التوليد G1 إلى الخدمة. وهكذا تعود الطاقة في المساحات الثلاث إلى الانسياب الطبيعي.

حاسوب التحكم في المحطة الفرعية B كان سيفلق بشكل نموذجي الخط L3 لتقليل عدد تعطل المولد G1 لحادث طارئ، ولكن بسبب إيقافه متعمداً فإن الحواسيب في مساحة 1 تتخاطب وتقرر بدلاً من ذلك إغلاق مصنع كبير، مما يخفف الطلب بشكل كبير. وهذا الإجراء يقلل من عدم التكافؤ بين التوليد والطلب، الحرج جداً في المهام الحرجة مثل إنارة الشوارع والمستشفيات التي يجب أن تبقى مغذاة كهربائياً.

بعد عدة ثوانٍ يكتشف حاسوب المحطة الفرعية B أن القطبية هناك بدأت بالتذبذب بسبب التفاوت الآمن المسموح به، لأن عدم التكافؤ ما زال كبيراً، مما يهدد بإعطاب الأجهزة في خطوط L3 و L4 و L7. وعوضاً عن إغلاق هذه الخطوط (الاستجابة التقليدية القديمة) يحسب المتطعة بتغيير تحكم المولد G2 إلى يدوي مقدماً النصيحة للمشغلين البشريين في مساحة 1 بزيادة التوليد أو تقليل الحمل، وهم سينفذون أحد الخيارين.

الوطنية ووزارة الدفاع والمعهد EPRI نفسه لتطوير نظام عصبي مركزي للشبكة الكهربائية. ويظهر هذا العمل بالإجمال أن الشبكة يمكن أن تعمل قريباً من حدود الاستقرار مادام المشغلون يمتلكون باستمرار معلومات عما يجري في كل مكان. وسيتمكن المشغل من مراقبة كيفية تأثير الطقس فيه، وسيحصل على شعور قوي عن أفضل كيفية في المحافظة على التوازن ثنائية بين الحمل (الطلب) والتوليد.

Complex Interactive Networks Systems Initiative (CINSI)

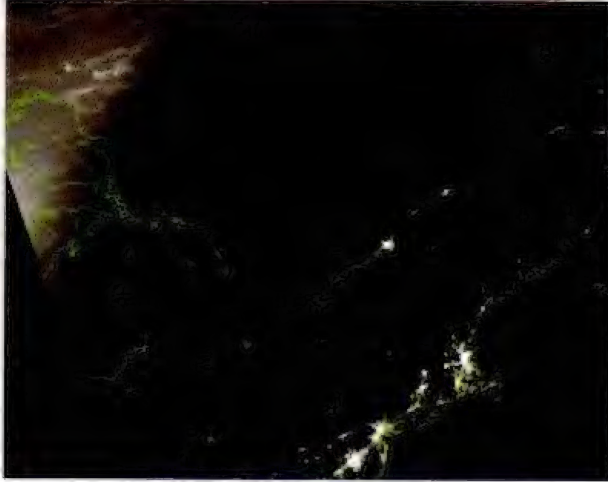
الكهرباء إلى عهد جديد من خدمات متعددة للطاقة مشابه لما هو حاصل اليوم في السوق الديناميكي للاتصالات إن مشروع المعهد EPRI لتصميم نموذج أولي للشبكة الذكية، والذي يطلق عليه مبادرة شبكات الأنظمة التفاعلية المركبة، قد تم تنفيذه في الفترة 1998 - 2002 بمشاركة مجموعة باحثين مكونة من ست جامعات وشركتين للطاقة ووزارة الدفاع الأمريكية. وقد دفع ذلك للبدء بعدة جهود لاحقة وحالية في وزارة الطاقة الأمريكية ومؤسسة العلوم

من محاكاة النظر للأصام. وسيسمح هذا لرافيق الكهرباء بأن تقدم للزبائن رسوماً تتغير من ساعة إلى أخرى تتضمن حوافز لتشغيل الأجهزة والآلات في أوقات غير الذروة والتي ربما تختلف من يوم لآخر، مما يقلل القفزات في الطلب التي يمكن أن تجعل الشبكة غير مستقرة. إن بوابة الطاقة الرقمية هذه ليست كالعداد فهي تسمح للمعلومات عن الشبكة بأن تساب ذهاباً وإياباً مع تجاوب المستهلكين لتغييرات في الأسعار والبوابة هي أداة للانتقال إلى ما بعد نموذج سلعة توصيل

العامل البشري^(١)

أمريكا عام 2003 بالتزايد، كما يوضح الحوار أثناء الدقائق الأولى للحدث (أجزاء منه موضحة في الأسفل). فتسجيلات المحادثة المنشورة عن مجلس أمريكا الشمالية للاعتماد الكهربائي كانت بين متحكمي الاعتماد في المناطق القريبة الذين كانوا يحاولون مساعدة بعضهم على إجراء توازن في انسياب الطاقة وهو الذي كان يتجه إلى الخروج عن السيطرة.

عندما يبدأ الانقطاع المحلي بالتزايد أكثر من قدرة الشبكة الذكية على إبقائه ألبا تحت السيطرة، يقوم المشغلون البشريون في غرف تحكم المناطق بقطع سلسلة ردة الفعل. ولعمل ذلك فهم يحتاجون إلى معلومات على مدار الثانية ومعلومات كاملة عن الشبكة وبرامج حاسوبية متوائمة وإجراءات استجابة مفروضة سلفا وتدريب مئتين. وجميع هذه المتطلبات كانت مفتقدة عندما بدأ الانقطاع الضخم في



صور بالأقمار الصناعية (السواتل)، تظهر الشمال الشرقي الأمريكي ليلة قبل انقطاع عام 2003 (في اليمين) وليلة بعده (في اليسار).

من جميع الانقطاعات التي حدثت في أمريكا قد تراوح بين 70 و 120 بليون دولار أمريكي في السنة الواحدة وعلى الرغم من أن انقطاعا كبيرا في الكهرباء يحدث تقريبا مرة واحدة في العقد، لكن في كل يوم هناك 500 000 مستهلك أمريكي من دون كهرباء لمدة ساعتين أو أكثر.

ومن سوء الحظ أن دعم البحث والتطوير في قطاع صناعة الكهرباء متدن في جميع الأوقات، وهو الأقل في أي قطاع صناعي رئيسي باستثناء العجائن والورق. ويعتبر إيجاد الدعم تحديا ضخما لأنه يجب على مرافق الكهرباء أن تفي بالطلب المتزايد من جانب الزبائن والمشرعين. وفي الوقت نفسه تكون متجاوبة مع مالكيها الذين يميلون إلى الحد من الاستثمارات للحصول على عائدات في مدى قصير.

وهناك عوامل أخرى يجب أخذها بالحسبان: ما مستوى التهديد الإرهابي الذي تكون صناعة الكهرباء مسؤولة عنه

لإبقائها محلقة في الجو على الرغم من حدوث عطب فيها.

من سيسدد التكاليف^(٢)

إن الشبكة الذكية الذاتية الإصلاح لم تعد حلما بعيدا من الناحية التقنية. لكن إيجاد التمويل اللازم لبناتها أمر آخر وهذه الشبكة قد تكون مكلفة، لكن ليست بالمستحيلة بالنظر إلى الاستثمارات التاريخية. ويقدر المعهد EPRI تكلفة الفحص والتمديد من خلال نظام النقل والتوزيع الأمريكي بأكمله ما قد يصل إلى 1.3 بليون دولار أمريكي في السنة ولدة عشر سنوات - ويعادل هذا أكثر من 65% مما تستثمره حاليا صناعة الكهرباء في العام الواحد. وتتنبأ دراسات أخرى بأن التكلفة قد تصل إلى 10 بلايين دولار أمريكي في السنة ولدة عقد أو أكثر. ويجب أن تصرف الأموال كذلك على تدريب العنصر البشري المتمثل بالمشغلين إن التكاليف تبدو عالية، لكن التقديرات تشير إلى أن الخسائر الاقتصادية

وكمثال، فإن جانبا واحدا من برنامج المعهد EPRI للشبكة الذكية يتمثل بإعطاء المشغلين قدرة أكبر على توقع عدم الاستقرار على نطاق واسع. إن أنظمة SCADA الحالية لديها 30 ثانية تأخير أو أكثر عند تقدير المشكلات المعزولة في سلوك النظام والتي يمكن اكتشافها - وهذا مشابه لقيادة طائرة، ناظرين من خلال مرآة ضبابية للمنظر الخلفي بدلا من المجال الجوي الأمامي الصافي. إن مشروع المحاكاة السريعة والنمذجة في المعهد EPRI يتطور بشكل أسرع من محاكاة النظر للأمام في الزمن الفعلي في توقع المشكلات - وهذا مشابه للاعب شطرنج بارع يقوم بتقييم الخيارات المتاحة لعدة نقلات مستقبلية. إن هذا النوع من النمذجة الذاتية للشبكة أو الوعي الذاتي سيجنب الاضطرابات عن طريق إجراء تحليلات من نوع ماذا-لو. وسيساعد هذا أيضا على إصلاح ذاتي للشبكة والتكيف مع الحالات الجديدة بعد انقطاع الكهرباء أو هجوم عدائي، كما تفعل طائرة حربية عند إعادة ترتيب أنظمتها



يُقدم للمشغلين البشريين معلومات عن الشبكة في الزمن الفعلي، وهي معلومات ضرورية لإيقاف الانقطاعات حديثا قبل انتشارها.

المختبر في مختبر شمال غرب الباسيفيكي الوطني يجلسون في محاكي مركز تحكم إقليمي، ويقومون بفحص نموذج أولي لبرنامج حاسوبي يستطيع أن

التحكم من تشغيل سيناريوهات التعطل لتحديد الاستجابة التصحيحية المثالية؛ ولتتمكن المشغلون من الموافقة وتنفيذ التغييرات الموصى بها. وعلى كل حال، لو أن الخط تعطل بطريقة ما لاحقا لتمكنت دائرة الاستشعار من اكتشاف تذبذب القلوية، وقامت بتوصيل المعلومة إلى المعالجات processors في المحطات الفرعية القريبة؛ ولكن بإمكان المعالجات توجيه الطاقة خلال أجزاء أخرى من الشبكة؛ ولكن أكثر ما يمكن أن يراه المستهلك ضمن منطقة كبيرة هو تذبذب وجيز في الإضاءة، وما كان الكثير من الناس ليشعر بأي مشكلة على الإطلاق.

look-ahead simulator (١٠)

ويمكن إيصال الكهرباء للجميع بكفاءة أعلى. لو أن الشبكة الذكية الذاتية الإصلاح كانت موجودة عندما فشل الخط المحلي بأوهايو في الشهر 8/2003، لكانت الأحداث قد تكشفت بطريقة مختلفة تماما. فمعدات توقع العطب الموجودة على أحد طرفي خط النقل المقطوع كان بإمكانها اكتشاف الإشارات غير الطبيعية وإعادة توجيه انسياب الطاقة عبر الخط وحوله لعزل الاضطراب قبل عدة ساعات من تعطله؛ ولتتمكن محاكي النظر للأمام من تعرف الخط الذي يُظهر احتمالا أعلى من الطبيعي للتعطل؛ ولتتمكن البرمجيات الذاتية الإدراك على طول الشبكة وفي مراكز

وما الذي يجب أن تغطيه الحكومة؟ إذا كان ارتفاع الرسوم أمرا غير مرغوب فيه، فكيف يمكن حينئذ السماح لمرفق الكهرباء بتوفير المال اللازمة له؟ إن تحسين البنية التحتية الخاصة يتطلب التزامات طويلة المدى من جانب مستثمرين صبورين: كما يجب على جميع القطاعات، الخاص منها والعام، ذات الصلة أن تعمل متعاضة معا.

وربما تدرك الحكومة الحاجة إلى قرار. إن مكتب البيت الأبيض لسياسة العلوم والتقانة ووزارة الأمن الوطني أعلنتا مؤخرا عن «بنية تحتية ذاتية الإصلاح» كواحد من ثلاثة طموحات استراتيجية في خططها البحثية للبحث والتطوير في دعم حماية البنية التحتية الحيوية. إن الإشراف الوطني حاجة ملحة؛ لأن الغياب الحالي في التنسيق عند اتخاذ القرار يعتبر عقبة رئيسية. إن حقوق الولايات وقوانين مفوضية المرافق العامة على مستوى الولاية تقتل أساسا الحافز لأي مرفق كهرباء أو مجموعة مرافق لقيادة المبرود على مستوى الدولة وعلى ذلك فإنه لا يمكن أن يتم تكوين تعاون على مستوى الولايات كماه فإن التاميم الاجباري لصناعة الكهرباء هو الطريق الوحيد لإنجاز شبكة ذكية.

إن الخطورة تكمن في مقدرة البنى التحتية الحيوية للدولة على الاستمرار في العمل اليومية وأمان. وعلى الأقل فإن نظام النقل الذي الإصلاح سيقبل من تأثير أي نوع من الحوادث الإرهابية لقطع شبكة الكهرباء. إن طرق القطع يمكن تلافيها أو تقليلها ويمكن سواء التخريب ويمكن تقليل الانقطاعات

المؤلفان

Massoud Amin - Phillip F. Schewe

هما من المروجين لمزايا الشبكة الذكية لسنوات «مسعود أمين» أستاذ للهندسة الكهربائية والحاسوب بجامعة مينيسوتا ومدير مركز الجامعة لتطوير القيادة التقنية، وعندما كان يعمل في معهد أبحاث الطاقة الكهربائية في بالو ألتو بكاليفورنيا كان قائدا لتطوير ما يزيد على عشرين من التقانات المتقدمة ووضع أساسيات «الشبكة الذاتية الإصلاح»، وهو اصطلاح قام هو أيضا بابتكاره. وأما «شيبوي» فهو كبير كُتاب العلوم في المعهد الأمريكي للفيزياء، ويقوم بتحرير النشرة الأسبوعية للمعهد Physics News Update

مراجع للاستزادة

Technical Analysis of the August 14, 2003, Blackout: What Happened, Why, and What Did We Learn? North American Electric Reliability Council, 2004. Available at www.nerc.com/-filez/blackout.html

Toward a Smart Grid: Power Delivery for the 21st Century. Massoud Amin and Bruce F. Wollenberg in IEEE Power and Energy Magazine, Vol. 3, No. 5, pages 34-41; September/October 2005.

The Grid: A Journey through the Heart of Our Electrified World. Phillip F. Schewe. Joseph Henry Press, 2007.

Scientific American, May 2007

رسم خارطة للجينوم السرطاني

إن تحديد الجينات المسببة للسرطان سوف يساعد على إيجاد سبل جديدة عبر المجال المعقد للسرطانات البشرية.

< S. F. كولينز> - < D. A. باركر>

السرطان، سُمي أطلس الجينوم السرطاني (TCGA) إن السبب الرئيسي وراء الاهتمام بهذا العمل على نطاق بيولوجي واسع وبصورة ملحة وعاجلة هو الزيادة الواضحة في مدمامة السرطان للصنف البشري: فأكثر من 1500 أمريكي يموتون يوميا من السرطان، أي بمعدل شخص واحد كل دقيقة. ومن المنتظر أن يتزايد هذا المعدل بصورة مطردة مع مرور الزمن، ما لم يحاول الباحثون اكتشاف بعض نقاط الضعف في الخلايا السرطانية وإيجاد الخطط الملائمة لمهاجمة هذه الأهداف.

وللنجاح في هذا المضمار، يتطلب تسويغ مشروع بحث بهذا الحجم أكثر من الرغبة في الحد من معاناة البشر فعند تطبيق هذا المشروع على 50 من أكثر أنواع السرطان انتشارا، فإن هذا الجهد البحثي يعادل ما يقرب من عشرة آلاف مشروع جينوم بشري إذا أخذ في الاعتبار محض حجم الدنا DNA الذي سيسلسل.

جينات مريضة

إن الفكرة القائلة بأن التغيرات التي تطرأ على الجينوم الخلوي تكمن في وسط جميع أشكال السرطان، ليست بالفكرة الجديدة فممنذ اكتشاف جينة بشرية مشيعة للورم السرطاني عام 1981 والمسماة **انكوجين** oncogene، صار العلماء أكثر يقينا بأن السبب الأولي للإصابة بالسرطان هو حدوث طفرات في جينات معينة نتيجة للتعرض للسموم أو الإشعاع أو عن طريق عمليات تصحيحية خاطئة للدنا DNA أو نتيجة أخطاء تحدث عند انتساخ الدنا قبل الانقسام الخلوي وفي حالات نادرة نسبيا، تحدث طفرة مؤهبة للسرطان في جينة يرثها الفرد من أجداده.

وهذه الطفرات، أيا كان سببها، تؤدي إلى خلل في المسارات البيولوجية، بطرق تؤدي إلى نمو خلوي غير مضبوط، وهو صفة مميزة للسرطان، كما أنه من العلامات الأخرى للخباثة، مثل اختراق النسيج المجاورة والانتقال إلى أجزاء أخرى في الجسم. كما أن بعض الطفرات قد تعطل بعض الجينات التي تقوم عادة بحماية

«من الضروري التركيز على الجينوم الخلوي» إن أردنا بالفعل أن نعلم أكثر عن السرطان، وقد ذكر ذلك «ريناتو دولبيكو» [الحائز على جائزة نوبل قبل أكثر من عشرين عاما] في واحدة من أولى المقالات التي دعت إلى إقامة ما يسمى مشروع الجينوم البشري. وقد أعلن «دولبيكو» [وهو أحد الباحثين الرواد في السرطان]، في مجلة ساينس Science عام 1986 «أن العالم الآن على منعطف في هذا المجال» وقد أوضحت الاكتشافات السابقة بصورة واضحة أن أغلب الخلل السلوكي الذي أظهرته الخلايا السرطانية نابع من التلف الذي يصيب الجينات المختلفة وما يتبع ذلك من تغير في وظائفها. ويقول «دولبيكو»: «إننا أمام خيارين: إما محاولة اكتشاف الجينات المهمة في الخباثة» السرطانية بمقاربة متدرجة أو القيام بتحديد التسلسل الجيني للجينوم بأكمله.

إن «دولبيكو» وآخرين في الجماعة العلمية تمكنوا من فهم حقيقة أن تحديد التسلسل الجيني للجينوم البشري، رغم كونه إنجازا عظيما في حد ذاته، لا يعدو كونه الخطوة الأولى على طريق البحث المؤدي إلى المعرفة الكاملة للأسباب البيولوجية للسرطان. والآن بعد النجاح في الوصول إلى التسلسل الكامل للقواعد النكليوتيدية⁽¹⁾ في الحمض النووي الطبيعي للإنسان، فإن العلماء في حاجة إلى القيام بتصنيف الجينات البشرية المختلفة طبقا لوظائفها، مما قد يساعد على كشف الدور الذي تؤديه الجينات في السرطان وبذلك تكون قد تحققت رؤية «دولبيكو» على مدى عقدين من الزمن. وفي خلال فترة زمنية لم تتعد الثلاث سنوات بعد استكمال مشروع الجينوم البشري، بدأت الهيئات القومية للصحة بتبني المرحلة التجريبية بصورة رسمية، وذلك لعمل كتالوك توضيحي يبين التغيرات الجينية في حالات

نظرة إجمالية/ علاقات السرطان

- إن التغيرات في تركيب الجينات أو نشاطها يمكن أن تفسر السلوك الخبيث للخلايا السرطانية.
- وتحديد الجينات المرتبطة ببعض أنواع السرطان قد أدى فعلا إلى تطوير وسائل التشخيص والعلاج.
- وإن أطلس الجينوم السرطاني The Cancer Genome Atlas يعد مبادرة عظيمة ستؤدي حتماً إلى تحديد جميع التغيرات الجينية في الأنواع المختلفة للسرطان، بحيث يمكن استهداف الجينات المسببة للسرطان مباشرة.

(1) Interview: Cancer Connections (10/9)

MAPPING THE CANCER GENOME (10/9)

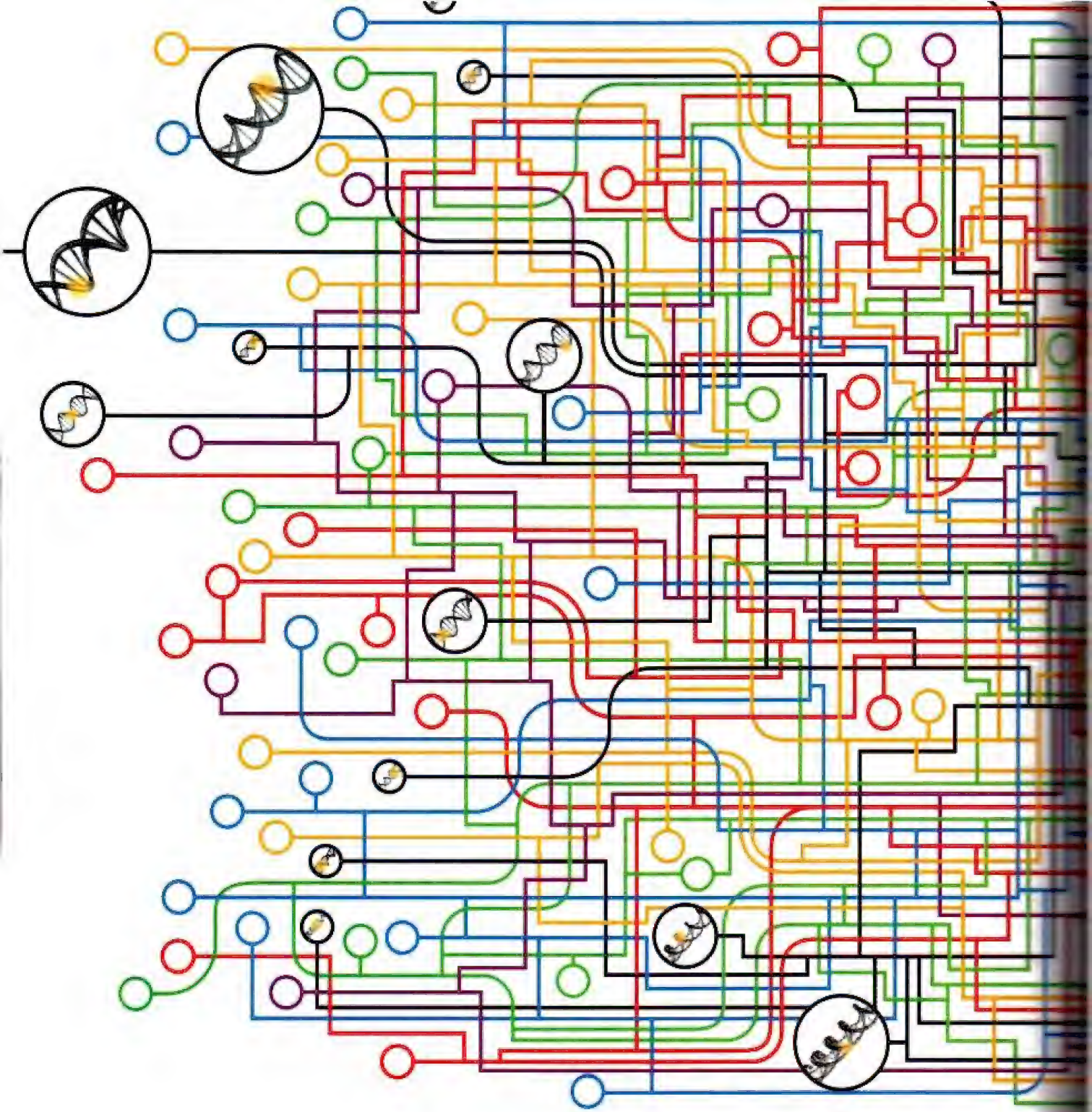
A Disease of Genes (10/9)

Human Genome Project (12)

nucleotide bases (14)

cellular genome⁽¹⁾ أو الجين الخلوي

malignancy (20)



اكتشاف نحو 350 جينة ثبت ارتباطها بالسرطان، مما أدى إلى تبصيرات مهمة كثيرة حول هذا المرض ذي الطبيعة الشيطانية. وقد أعد فريق «M» ستراتون» [في المعهد W.T.S.I بكامبردج في إنكلترا] قاعدة بيانات أساسية لهذه التغيرات أسماها كوزميك COSMIC

لكن ليس هناك من يتصور أنها القائمة الكاملة لتلك التغيرات. لذا فالسؤال الذي يطرح نفسه هو هل من المنطقي الاستمرار على نطاق محدود في اكتشاف التغيرات السرطانية في الجينوم، في

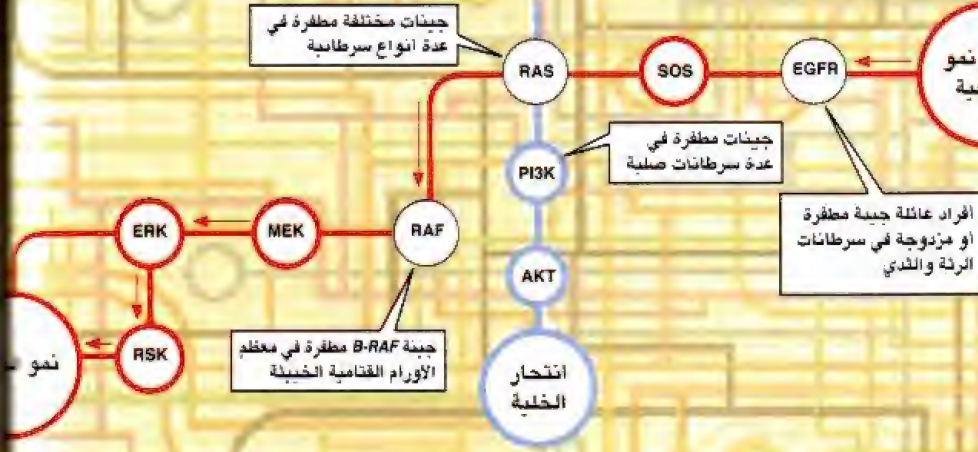
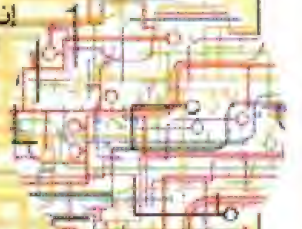
the catalogue of somatic mutations in cancer | ١١

الجسم ضد السلوك الخلوي غير الطبيعي، في حين تعمل طفرات أخرى على زيادة نشاط الجينات المُرَقَّة. ومعظم الخلايا تتعرض على الأقل لبعض هذه التغيرات وذلك قبل أن تتحول إلى خلايا سرطانية - وهذه سيرورة قد تستغرق سنوات طويلة

وعلى مدى العقدين السابقين قامت مجموعات بحثية كثيرة باستخدام طرق رائدة في مجال البيولوجيا الجزيئية، وذلك للكشف عن الطفرات في الجينات التي يمكن أن تؤثر في الأنماط الطبيعية للنمو والسلوك الخلويين وقد نجحت أبحاث هذه المجموعات في

مسارات عديدة مؤدية إلى السرطان

إن الخلل الوظيفي للجينات يكمن وراء قدرة الخلايا السرطانية على تخطي جميع الضوابط المنظمة للسلوك الخلوي. ولأن البروتينات الناتجة من بعض الجينات تقوم بتنظيم وظائف بعض الجينات الأخرى، فإن طفرة "تسبب وقف أو زيادة نشاط جينة واحدة، يمكن أن تحدث عدة تأثيرات في توازن الخلية (كما هو مبين في الرسم أدناه). ومع ذلك تحتاج الخلايا عادة إلى أن تُحْم عدة طفرات في الجينات، أو أنكو جينية (مكونة للورم) oncogenic، في عدة جينات منفصلة لتكتسب الخواص المميزة للخبثاء (الإطار في اليسار). ويتحدد جميع الجينات التي يمكن لتحويلها أن يولد تلك الصفات المميزة إذا ما اكتشف يوما أي الطفرات التي تقود فعلا الإصابة بنوع معين من السرطان، يمكن تعيين أكثر الطرق فاعلية في مواجهة السرطان.



▲ دورة معقدة

إن التفاعلات الجزيئية المعقدة وغير الطبيعية في الخلية البشرية يمكن النظر إليها كشبكة من المسارات المتوازية والمتقاطعة. والرسم المبسط (في اليسار) يمثل أحد هذه المسارات التي تحفز التكاثر الخلوي، الذي يبدأ بعائلة مستقبلات عامل النمو البشري (EGFR) في الجدار الخلوي، وتنشيط أفراد هذه العائلة بواسطة مجموعة من عوامل خارج الخلية، يرسل إشارات إلى المزيد من الجينات والبروتينات، ما يؤدي في نهاية المطاف إلى تحفيز الخلية على "النمو" عن طريق الانقسام.

▲ طفرات أنكو جينية (مكونة للورم)

في جزء كبير من الأورام السرطانية في الرئة والثدي، تكون أفراد عائلة الجينات *EGFR* مطفرة أو مضاعفة، وهذا يؤدي من عدد أو وظائف المستقبلات التي تكوّنها، مما يعين في تنشيط مسار النمو. كذلك فإن التغييرات في الجينة *B-RAF* المشاهدة في 70% من الأورام القاتمية الخبيثة، يمكن أن تزيد من نشاط الخلية. والجينة *RAS* (المطفرة في كثير من أنواع السرطان) يمكنها أيضا التأثير في نمو الخلية وكذلك المسارات المتقاطعة. فمثلا، التدخل في برنامج انتحار خلوي من شأنه عادة تدمير الخلايا الخالفة.

سلسلة الدنا تزيد على 10 دولارات لكل زوج منته من القواعد النكليوتيدية، وتضاعلت هذه التكلفة حتى وصلت اليوم إلى أقل من "بني" واحد للقاعدة الواحدة ومن المتوقع أن تنخفض التكلفة أكثر من ذلك مع ظهور طرائق أكثر تطورا لعملية السلسلة الجينية [انظر: "جينومات للجميع"، *العلوم*، العدد 10 (2006)، ص 20]. وبسبب هذه وغيرها من التقانات المتطورة المستخدمة في المشروع TCGA والتي كانت ضربا من الخيال في السنوات القليلة الماضية، وقد صارت اليوم أكثر الطرق فاعلية وأقلها تكلفة في تحديد العوامل الجينومية العديدة المرتبطة بالسرطان

براهين مفهوم

بالطبع فإن توافر اكدياس من البيانات عن السرطان ليس ذا قيمة كبيرة من دون دليل على أن المعرفة الشاملة عن الأصل البيولوجي للسرطان قد أحدثت بالفعل أثرا واضحا في معالجة المصابين بهذا المرض. فكثير من التطورات العلمية الحديثة قد قدم بالفعل البرهان على أن تحديد تغيرات جينية معينة في الخلايا

حين أن العالم يمتلك الآن الإمكانيات التي تسمح بزيادة كبيرة في مجال وسرعة الاكتشاف. وفي السنوات الأخيرة، ظهر عدد من الأفكار والأدوات والتقانات التي أفنعت العديد من العقول الرائدة في مجال السرطان والبيولوجيا الجزيئية، بأنه أن الأوان لعمل جماعي، يتسم بالمنهجية والوضوح، في عمليات البحث المختلفة في **جينومية السرطان** the genomics of cancer.

وبالفعل أقام مشروع الجينوم البشري قاعدة تأسيسية للمشروع TCGA، وذلك عن طريق توفير التسلسل الجيني القياسي لثلاثة بلايين زوج من قواعد الدنا في جينوم النسيج البشرية العادية. والمطلوب الآن هو مبادرة أخرى للبدء بمقارنة سلاسل الدنا والخواص الفيزيائية الأخرى للجينوم في خلايا عادية مع تلك السرطانية، وذلك لتحديد التغيرات الجينية الرئيسية التي تشكل ملامح السرطان الأساسية [انظر الإطار في الصفحة المقابلة]. وقد أوضح مشروع الجينوم البشري أهمية العمل الدولي الجماعي في البيولوجيا على نطاق واسع، وذلك لتجميع المصادر والإسراع في الاكتشافات العلمية. ويسعى المشروع TCGA لتحقيق مشاركات مشابهة.

وأخيرا، يمكن القول إن مشروع الجينوم البشري نجح في إحداث تقدم هائل يعتد به في التقانات المستخدمة لسلسلة وتحليل الجينومات. وعند بداية ذلك المشروع عام 1990، مثلا، كانت تكلفة

لحدوث الطفرة في هذه الجينة. ولم تنقُص خمس سنوات حتى أن أكثر الطرق العلاجية الواعدة كانت قد دخلت بالفعل في مرحلة الاختبارات السريرية.

وقد قامت مجموعات بحثية أخرى بدراسة التغيرات الطفرية في جينات معروفة بارتباطها بسرطانات، مثل سرطان الثدي والقولون وسرطانات الدم والغدد الليمفاوية وغيرها، وذلك لتطوير الطرق البيولوجية المستخدمة في تشخيص الأمراض والتكهن بحدوثها، كاستجابة مريض بعينه لنوع محدد من العلاج، وكذلك تطوير طرق العلاج واستخدام أحدثها.

فعشلاً، إن الدواء كليفك Gleevec يقوم بتثبيط إنزيم يجري إفرازه بواسطة جينة مطفرة مكونة من التحام جينتين هما BCR وABL، وهي التي تسبب سرطان الدم الميلوكوني المزمن. وقد أظهر هذا الدواء أثراً فعالاً في علاج هذا النوع من السرطان، وكذلك في علاج سرطانات أخرى أكثر تعقيداً من الوجهة الجينية، مثل الورم السدري للجهان الهضمي وأنواع أخرى نادرة نسبياً تشتمل على إنزيمات مشابهة. والهيرسيتين herceptin، وهو مركب يستهدف بروتينا يسمى HER2. أثبت نجاحه في معالجة سرطان الثدي، حيث تجري عملية تكاثر غير عادية للجينة HER2 تتسبب في زيادة في إفراز البروتين المستقبل.

كما تمت دراسة تأثير أدوية مثل إيريسا[®] وقارسيقا[®] في علاج سرطان الرئة، والدواء أقاسين[®] في علاج سرطان الرئة والقولون وغيرها، وذلك عن طريق وضع استراتيجيات لاختيار خطط علاجية مبنية على تغيرات طفرية في الجينات المعنية. مثل هذه التطبيقات، سواء في التشخيص أو التكهن بسير المرض أو علاجه، هي بالطبع عمل مهم، غير أنه مازال بعيداً عما يجب أن يكون عليه حتى ينجح الباحثون في الجامعات وفي القطاع الخاص في التوصل إلى الأطلس الكامل للتغيرات الجينومية^٢ السرطانية.

وتوضح دراسة أجراها بعض الباحثين [في جامعة جونز هوبكنز] قدرة الجينومات الواسعة النطاق من أجل الكشف عن الخلايا السرطانية، كما توضح كيف ستكون ضخامة تعهد إنجاز أطلس جينوم سرطاني. فقد قاموا بتحديد التسلسل الجيني لنحو ثلاثة عشر ألف جينة في عينات من نسيج سرطاني أخذت من إحدى عشرة حالة من كل من سرطان القولون والثدي. وقد أعلنوا عن وجود تغيرات طفرية مهمة في نحو مئتي جينة مختلفة. ومن المعروف أنه تم إثبات وجود علاقة بين نحو اثنتي عشرة فقط من هذه الجينات وبين هذين النوعين من السرطان (الثدي والقولون) ويتوقع معظم العلماء اكتشاف عدد من الجينات أكثر من ذلك قليلاً. ومن التحديات الأساسية التي تعترض الباحثين أثناء سلسلة جينومات الخلايا السرطانية هو صعوبة التمييز بين التغيرات الطفرية في العينات السرطانية المرتبطة بالسرطان والأخرى التي ليس لها علاقة بالسرطان. كما أنه قد لوحظ في دراسات سابقة

وصفات تمييزية للسرطان

تغيرات غير الطبيعية السنت التالية مجتمعة تمنح السرطان قوته الفائقة التي تميزه عن النسيج الذي نشأ فيه إلى باقي أجزاء الجسم.

تتواجد في موهيرات انموذج الخلايا السرطانية بتكبير إيعازات cues النمو الخارجية أو تُصدر إيعازات خاصة بها.

تتوفر بالأيعارات المصادرة للموت الخلايا السرطانية صمما، فيما يختص بإيعازات النشكين الصادرة عن سطح الجاورة.

تتوفر استنساخ الخلايا الجذرية أو التغلب على الآليات التي تستحث أو تنفذ برنامج التدمير الذاتي في تلك الحالة.

تتوفر التهيئة على الانتساع الخلايا السرطانية من الحدود الفعلية على عدد المرات التي يمكن للخلية ان تتقسم فيها.

تتوفر استخدام اللاوعية الدموية الخلايا السرطانية بيبث إشارات من شأنها تعزيز تطوير أوعية دموية جديدة لتتغذى بالأكسجين والمغذيات.



تتوفر وتنتقل سريريا الخلايا السرطانية إلى العديد من أجزاء الجسم المسؤولة عن استقرار الخلية في مكانها وعدم انتقالها أو فتحها لنسج أخرى.

تتوفر الصفات التمييزية للسرطان السرطان في مدة الخلية. العدد 100. الشهر 2000/1.

السرطانية يمكن بالفعل أن يؤدي إلى تحسين طرق التشخيص والعلاج والوقاية من هذا المرض. وهذه التطورات توافر لمحات مشجعة عما هو آت، وتبين أيضاً كيف أن الخطوات نحو الأهداف المرجوة هي فعلاً معقدة ومكلفة وتحتاج إلى وقت طويل.

وفي عام 2001، عندما بدأ المعهد W.T.S^٣ باستخدام التقانات الخاصة بالجينوم لاستكشاف السرطان، كان أول تطبيق للمشروع هو الاستخدام الأمثل لنظم المعلومات في عمليات تشمل تحديد التسلسل الجيني لعشرين جينة في 378 عينة سرطانية. لكن مجموعة البحث توصلت بعد عام إلى اكتشاف مهم، وهو حدوث طفرة في جينة سميت B-RAF، وذلك في 70% من حالات الأورام القائمة الخبيثة التي جرت دراستها. وقد أدى ذلك إلى توجيه أنظار العديد من الباحثين إلى هذا الاكتشاف باعتباره هدفاً جديداً يمكن أن يحقق علاج أكثر أنواع سرطانات الجلد تسبباً في الوفاة. لذا جرت دراسة العديد من المحاولات ابتداءً من الأدوية الكيميائية الكلاسيكية المعروفة حتى الجزيئات التداخلية الصغيرة للحموض الريبونيوكليكية^٤ في كل من فستران التجارب أو الخطوط الخلوية^٥ التجريبية، وذلك للتأكد مما إذا كانت هذه الاعتراضات والتداخلات قادرة على إيقاف أو الحد من نشاط الجينة B-RAF أو تثبيط بروتين، يسمى ميك MEK، يجري إفرازه بكميات غزيرة نتيجة

ribonucleic acids (٢)

Wellcome Trust Sanger Institute (١)
cell lines (٣)

myelogenous أو myelogenic، نقي المنشأ = منتج في نقي العظام (٤)

Iressa (٦)

stromal tumor (٥)

genomic changes (٩)

Avastin (٨)

Tarceva (٧)

الجينات والسرطان

قبل أكثر من مئة عام، لاحظ البيولوجي الألماني Th. بوفيري^(١) وأخرون العلاقة بين التغيرات الجينية غير العادية والمعالج المنحرفة^(٢) للخلايا السرطانية. ولكن على مدى العقود القليلة الماضية بدأت تترسخ فكرة أن التغيرات الجينية هي السبب المباشر في السلوك المنحرف للخلايا السرطانية. ومنذ عام 1986 طرحت ضرورة سلسلة جينوم بشري عادي، وذلك من أجل دراسة تغيرات الجينوم السرطاني بصورة أكثر وضوحاً، وقد تم الانتهاء من مشروع الجينوم البشري عام 2003، وسيداً في هذا العام مشروع أطلس الجينوم السرطاني بتجميع التغيرات الطفرية في الجينات الموجودة في ثلاثة أنواع من السرطان



Th. بوفيري^(١)

1890 - 1914

أشارت دراسة التورع غير العادي للكروموزومات أثناء الانقسام الخلوي، إلى أنه قد يكون لهذا التورع دور في إحداث السرطان

من خمسينات إلى ستينات القرن الماضي

كشفت عدة أبحاث عن أن الفيروسات قد تسبب السرطان عن طريق إدخال جيناتها في الخلايا.



1960

تم اكتشاف أول خلل جيني يرتبط بنوعية معينة من السرطان، ويسمى هذا الخلل كروموزوم فيلادلفيا. وقد اكتشف في خلايا سرطان الدم المزمن الميلوكوني (النقوي المنشأ) myelogenous

1976

اكتشف العلماء أن الجينة اللافيروسية^(٣) (SRC) الموجودة في الخلايا الحيوانية قد تسبب السرطان.

1979

تم اكتشاف الجينة P53 التي ثبت فيما بعد أنها أكثر الجينات المتغيرة وجوداً في السرطانات التي تصيب الإنسان

1981

RAS-H هو أول أنجوجين^(٤) بشري تم اكتشافه (وهي جينة تسبب التغيرات فيها الإصابة بالسرطان)

1983

من المتوقع أن التغير في عملية تفعيل الحمض النووي^(٥) قد يؤثر في التنشيط الجيني الموجود في الخلايا السرطانية

1986

نادى R. دولبيكو^(٦) في مقالة نشرت في المجلة Science بضرورة سلسلة الجينوم البشري من أجل تقدم أبحاث السرطان

1986

اهتمت وزارة الطاقة (في الولايات المتحدة) بسلسلة الجينوم البشري لإنجاح دراسة تأثيرات الإشعاع

1986

تم اكتشاف أول جينة مثبطة للسرطان (RB1)

1987

وجد أن الجينة المكونة من التهام الجينتين BCR و ABL بالكروموزوم فيلادلفيا تسبب سرطان الدم المزمن الميلوكوني (النقوي المنشأ) (CML).

1990

ساعد نموذج توليد السرطان عن طريق سلسلة من الخطوات، على توضيح الدور الذي تؤديه تراكمات التغيرات الجينية في عملية التحول الخلوي إلى الخباثة.

1990

بدء مشروع الجينوم البشري.

للسلسلة الجينية وجود قليل من التشابه في التغيرات الطفرية الموجودة في الأنواع المختلفة من السرطانات، بل إنه لوحظ أيضاً وجود بعض الاختلافات الواضحة في نمط التغيرات الطفرية في العينات المأخوذة من المصابين بنفس نوع السرطان وقد أكدت هذه الملاحظات فكرة أن تحول خلية طبيعية إلى أخرى سرطانية هو نتاج تجمع عدة أنواع مختلفة من التغيرات الطفرية؛ ولذلك فإن الملامح الجينية المميزة لكل نوع من الأورام السرطانية قد تختلف كثيراً بين المصابين بالسرطان على مستوى الجسم الواحد أو العضو الواحد أو حتى النسيج الواحد

ولكي نتكمن من تحديد المدى الكامل لما يأمل المشروع TCGA في إنجازه، يجب الأخذ في الاعتبار التعقيدات المكتشفة أثناء المحاولات السابقة وتصور أن يمتد العمل ليشمل أكثر من مئة نوع من السرطان. غير أن أعضاء المشروع TCGA وغيرهم من العلماء الرواد في هذا المجال من جميع أنحاء العالم، مصممون على العمل جاهدين في هذا المضمار لاعتقادهم أن الفرصة الكبرى في إنقاذ أرواح مرضى السرطان تكمن وراء كشف مآهات الجينوم السرطاني

ومع أنه قد تنقضي عدة سنوات قبل أن يصل الباحثون في هذا المجال إلى إتمام الكتالوك التوضيحي الكامل الذي يضم جميع التغيرات الطفرية في الجينوم البشري المسؤولة عن تحول الخلية الطبيعية إلى أخرى سرطانية، إلا أنه يمكن الاستفادة من النتائج الميدانية التي تم التوصل إليها، في تطوير أساليب علاج السرطان فمع كل نوع جديد من السرطان تتم دراسته ضمن المشروع TCGA يكتشف الباحثون أهدافاً ومميزات جديدة للجينوم تتيح لهم الفرصة لتطوير أساليب علاجية أكثر ملائمة للسرطان.

تأليف أطلس ضخمة

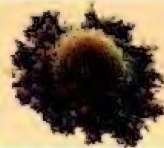
أثبتت الخطة المرحلية نجاحها في بداية مشروع الجينوم البشري. وقد تركزت في اختبار البروتوكولات والتقانات قبل التدرج في الوصول إلى «إنتاج» سلسلة دوائية كاملة^(٧). وبالمثل، بدأ المشروع TCGA بعمل دراسة مبدئية لتطوير واختيار الإطار العلمي المطلوب للوصول إلى المسح الكامل للجينوم وعمل خارطة تضم جميع التغيرات غير العادية في الجينوم والمتعلقة بحدوث السرطان وفي عام 2006، قام كل من المعهد الوطني للأورام والمعهد الوطني لأبحاث الجينوم البشري باختيار الفرق العلمية والإمكانات التي ستسهم في دراسة الأنواع المختلفة للسرطان، وذلك من خلال هذا المشروع المبدئي وفي خلال الثلاث سنوات المقبلة سيقوم المعهدان المذكوران بتخصيص مئة مليون دولار لتأليف أطلس يضم التقديرات الجينية في ثلاثة أنواع من السرطان، وهي سرطانات المخ والبنية والمبيض. ولقد تم اختيار هذه الأنواع الثلاثة للسرطان لعدة أسباب. منها أنه يمكن اعتبارها مثالاً عيارياً لإمكانية تعميم هذا المشروع على أكبر عدد من الأنواع السرطانية، وبالفعل، إذا نجحت هذه المرحلة

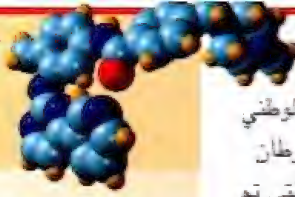
Compiling a Colossal Atlas (١١١)
nonviral gene (٢١)

Genes and Cancer (١٢)
aberrant features (١٣)

methylation of DNA (١٤)

oncogene (١٥) حبة ورمية (مكونة للورم)
full DNA sequence "production" (١٦)





1993

بدأت المراحل التجريبية ما قبل السريرية على دواء عرف فيما بعد باسم كليفك، وهو أول دواء تم إعداده لاستهداف مسبب جيني معروف لسرطان معين.

1999

أمكن للامع النشاط الجيني أن تبين لأول مرة الفرق بين أنماط السرطان وأن تتنبأ بالاستجابة إلى العلاج الكيميائي للسرطان.

2001

حاز دواء كليفك موافقة إدارة الغذاء والدواء (FDA) الأمريكية.

2002

اكتشف معهد «ويلكم تراست سنجر» من خلال بحث عن الجينوم السرطاني وجود تغير طفرى في الجينة B-RAF في 70% من الأورام القاتمية الخبيثة.

2003

استكمال مشروع الجينوم البشري

2005

أعلنت المعهد الوطنية للصحة (NIH) عن المشروع الاستطلاعي لأطلس جينوم السرطان (TCGA)

2006

أعلن المشروع الاستطلاعي TCGA عن أسماء المشتركين بالمشروع وعن ثلاثة أنواع من السرطان لستلستها وتحليلها جينياً

2007 - 2010

سيكمل المشروع TCGA على جمع وتحليل العينات السرطانية الواردة من البنوك (المختبرات) البيولوجية الرئيسية الخاصة بمراكز معالجة مرضى السرطان. والأركان الأساسية الأربعة للمشروع هي: المصدر الرئيسي للعينات البيولوجية، سبعة مراكز لتمييز الجينوم السرطاني، ثلاثة مراكز للسلسلة الجينية، مركز لتنشيق المعلومات. وتتعاون هذه الأركان لاختيار الطرائق والتقانات المختلفة ومن ثم لجعل المعلومات المستخلصة في نهاية المطاف في متناول المجتمع البحثي الأوسع

كيف سيعمل؟



التجريبية في تحقيق أهدافها عندئذ فقط يستطيع المعهد الوطني لأورام المضي قدما في تنفيذ مشروع إصدار أطلس كامل للسرطان. ويقدر عدد الحالات المصابة بالأنواع الثلاثة للسرطان التي تم اختيارها في هذه المرحلة التجريبية بأكثر من 210 000 حالة سنوياً بالولايات المتحدة الأمريكية، والتي تسببت في وفاة 91 000 حالة عام 2006. وطبقاً للقواعد العلمية والتقنية والأخلاقية المتبعة في أخذ العينات بالنسبة إلى هذه الأنواع الثلاثة من السرطان، قامت المعاهد الطبية المعنية بالإعلان عن تحديد ثلاثة بنوك بيولوجية: لتزويد تلك العينات وبإية عينات سرطانية جديدة في حالة الحاجة إليها، وتزويد أيضاً بأجزاء من النسيج الطبيعي المجاور للورم مأخوذة من نفس المرضى. وذلك للمقارنة وتقوم هذه المجموعات البيولوجية، بإرسال العينات المعنية إلى المصدر الرئيسي للعينات البيولوجية، وهو واحد من المكونات الأساسية الأربعة للمشروع الاستطلاعي "TCGA" وتتمثل مراكز تمييز الجينوم السرطاني و CGCC ومراكز سلسلة الجينوم ومراكز تنسيق المعلومات المكونات الأساسية الأخرى للمشروع (انظر الشكل في أسفل يسار هذه الصفحة). وتتعاون هذه المجموعات جميعها وتتبادل المعلومات بجدية تامة وبالتحديد تقوم مراكز تمييز الجينوم السرطاني السبعة باستخدام عدد كبير ومتنوع من التقانات لدراسة مستويات الأنشطة المختلفة للعينات في العينات السرطانية لاكتشاف وحصر التغيرات الجينية - على نطاق واسع - التي تسهم في تطور السرطان. وتشمل هذه التغيرات إعادة ترتيب الكروموزومات (الصِّبْغِيَّات) والتغيرات في أعداد النسخ الجينية والتغيرات الإبيجينية (epigenetic)، وهي التغيرات الكيميائية في شريط الدنا التي من شأنها توقيف أو إعادة النشاط الجيني من دون تغير فعلي تسلسل الجيني للحمض النووي.

وتصبح الجينات وغيرها من مناطق الكروموزومات المهمة، المحددة من قبل مراكز تمييز الجينوم السرطاني، أهدافاً لسلسلة الجينوم من قبل المراكز الثلاثة لسلسلة الجينوم كما أن العائلات الجينية المتوقع ثبوت أهميتها في السرطان، مثل التي تكونت لإتريبات المعنية بالتحكم في الدورة الخلوية والمسماة تيروسين كيناز tyrosine kinases والفسفاتاز phosphatases، ستتم سلسلتها لتحديد مواضع الطفرات الجينية وغيرها من التغيرات على نطاق ضيق في كودها الدنوي DNA code. وحالياً نتوقع أن سلسلة نحو 2000 جينة - في كل واحدة منها نحو 1500 عينة سرطانية - ستتم في هذا المشروع الاستطلاعي. وبالطبع فإن تحديد العدد المضبوط يتوقف على العينات التي يمكن الحصول عليها وما سيتم اكتشافه عن هذه العينات من قبل مراكز تمييز الجينوم السرطاني.

ومن المتوقع أن كلا من مجموعتي التسلسل الجيني والتمييز الجيني واللتين كان من بين أعضائهما كثيرون ممن شاركوا في مشروع الجينوم البشري، ستواجه تعقيدات أكثر بكثير مما ستواجهه في دنا DNA الخلايا العادية، حيث تصبح أكثر عرضة

pilot (1)

biorepositories (1)

تغيرات ناجمة عن تأثيرات خارجية أكثر من كونها حبيبة، فهي لاجينية بشكل عام DNA strand (1) DNA sequence (1) encode (1)

حان وقت الانتقال من الجينوم إلى السرطان

<R. دوليكو>

ما زال غير معروف حتى الآن. على أن هناك ظاهرة استثنائية تم اكتشافها حديثاً، حيث تتسبب التغيرات الطفرية في الجينوم الخلوي في إيقاف نشاط الأنتوكسين، مما يؤدي إلى انتحار الخلية من خلال عملية موت منظمة تُسمى أبوتوسيس apoptosis، ولكن مدى شيوع هذه الظاهرة ما زال مجهولاً. وللإجابة عن هذه الأسئلة لابد من أن يكون لدينا سجل كامل بالتغيرات في تكوين ونشاط الجينات وبعض المكونات الخلوية الأخرى المتسببة في غياب الانتظام في الخلايا السرطانية. وهذا هدف آخر يجب تحقيقه مستقبلاً.

وعلى الطريق لتحقيق هذا الهدف يمكن البحث في دور الخلايا الجذعية في السرطان. فقد لوحظ بعض أوجه الشبه بين سلوك الخلايا الجذعية والخلايا السرطانية. فكلتا الخليتين تظهران قدرة لامتدادية على الانقسام، ولكليهما حساسية عالية للبيئة الخلوية⁽¹⁾. كما أنهما تحتويان على الجينات المنشطة نفسها.

لقد أتاحت الجينومية genomics تبصيرات حول الآليات التي تتحول بواسطتها الخلايا العادية إلى أخرى سرطانية، وإن ظلت الصورة غير واضحة تماماً حتى الآن. وقد حان الوقت لتجديد كافة الإمكانيات الحديثة المتوافرة في الجينومية والبيولوجيا الجزيئية للحصول على سجل شامل بالفعل للجينات المتسببة في الإصابة بالسرطان، وهذا هو ما يهدف إليه مشروع أطلس الجينوم السرطاني.

في عام 1986، عندما اقترحت مشروعاً جديداً لتحديد جميع الجينات البشرية، كان أحد أهدافي هو إيجاد الجينات المسببة للسرطان وكان ذلك بمثابة مغامرة أملت أن تؤدي إلى اكتشافات تقنية جديدة للبحث في مجال السرطان، وفي نهاية المطاف لاكتشاف وسائل علاج جديدة فعالة. وبالفعل أثمر المشروع الأساسي للجينوم البشري عن اكتشاف جينات لها علاقة بأمراض عديدة، منها السرطان. فضلاً عن ذلك، طبقت عملية سلسلة الجينوم على كائنات حية غير الإنسان. ابتداءً من البكتيريا⁽²⁾ إلى الشامبزي، وقد دلت على وحدة الحياة⁽³⁾ بأن كشفت عن مدى ما يشترك فيه العديد من جينات كائنات حية متباعدة.

ومن خلال هذا العمل زودتنا التقانات الجديدة بكثير من التفاصيل لفهم أفضل للسيرورات المعقدة التي تنشئ وفقها الجينات جزيئات فعالة. ونتيجة مهمة لهذا البحث، هي إدراك أن الجينات لا تعمل وحدها، بل من خلال شبكة واسعة من النشاط داخل الخلايا؛ وإن أي تغير في عمل واحدة من هذه الجينات يحدث تغيرات في أداء العديد من الجينات والبروتينات التي تؤثر في إعالة الخلايا لذاتها.

ومن المعروف أن تحول الخلية العادية إلى أخرى سرطانية يكون نتيجة فقد تدريجي للتحكم الذاتي الخلوي⁽⁴⁾ بسبب التغيرات الفيزيائية أو الطفرية، أو في بعض الجينات بسبب التغير الذي يحدث في العديد من الجينات الأخرى المتحكم في نشاط الخلية، وبذلك يمكن تحديد مسؤولية جينات بعينها عن بدء الإصابة بالسرطان؛ ومن ثم يمكن اعتبار هذه الجينات أهدافاً لإيجاد وسائل علاجية جديدة. ولحدوث الحالات السرطانية المتقدمة (مثل الانتكاسات الحادة لسرطان الدم الميلودوي⁽⁵⁾) المزمن والحالات السرطانية الأخرى المنتشرة)، لا بد من مشاركة العديد من الجينات الأخرى؛ وأكثرها



المؤلف

Renato Dulbecco

هو رئيس شرقي لمعهد سارك للدراسات البيولوجية، وحائز على جائزة نوبل بالمشاركة عام 1975 في علم وظائف الأعضاء (الفيزيولوجيا)، لاكتشافات المتعلقة بالتفاعل بين الفيروسات السرطانية والمادة الجينية للخلية.

تطوير جميع أدوات المعلوماتية البيولوجية bioinformatic لجمع ومكاملة وتحليل الكم الهائل من البيانات، مع الحفاظ على سرية المعلومات الخاصة بالمرضى، هو أيضاً عقبة أخرى يجب تخطيها لتتحول رؤيتنا إلى واقع حقيقي

مجال مجهول المسالك⁽⁶⁾

إن الطريق إلى تحقيق ما نهدف إليه في هذا المجال محفوف بالتحديات العظيمة والتقنية والتغيرات السياسية - بعضها ما زال غير معروف بعد. ومن بين التساؤلات المطلوب الإجابة عنها: هل التقانات الجديدة لسلسلة الجينوم ستحقق الهدف منها في الوقت المطلوب بحيث يكون المجهود المبذول ذا قيمة اقتصادية؟ وكم من الوقت ستستغرقه عملية تطوير الإمكانيات المتوافرة وتطبيقها بصورة منظمة لاكتشاف التغيرات الإبيجينية epigenetic، وكذلك التغيرات

لمعدل أكبر من التطفر، نتيجة للقصور الذي يحدث لها في خاصيتي التحكم الذاتي وآلية الإصلاح الذاتي لذا فالبناء الجينومي لكل خلية يمكن أن يختلف كثيراً في الورم الواحد، ويصبح من المهم أن تقوم المجموعات البحثية بتطوير أساليب قاطعة لتمييز فعلي بين «إشارة» طفرة مهمة ممكنة بيولوجياً وبين «ضجيج» طفرات الخلفية العالية المعدل الملاحظ في كثير من الأورام السرطانية. كما أن الأورام السرطانية تحتوي دائماً تقريباً على خلايا غير سرطانية قد تخفف dilute العينة وإذا كان دنا الورم المراد سلسلته كثير التباين، فإن بعض الطفرات المهمة قد تُغفل

وتبعاً لتوجهات مشروع الجينوم البشري وغيره من الأبحاث الطبية الحديثة الخاصة بالجينات سيتم وضع نتائج هذه الأبحاث جميعها في متناول القارئ بالبحوث في هذا المضمار ولزيادة فائدة هذه النتائج لكل من الباحثين الأكاديميين والسريريين (الإكلينيكين) وبالطبع لكل مسؤولي الرعاية الصحية، سيقوم المشروع TCGA بربط بيانات السلسلة والتحليلات الجينومية بمعلومات حول الصفات المشاهدة والمميزة للورم السرطاني الأصلي، وكذلك المصير السريري للمريض صاحب العينة. هذا وإن

Uncharted Territory (1)

From Genome to Cancer - Why the Time Is Right (2)

unity of life (3)

myeloid (4)

جمع بكتيري (5)

cellular self-control (6)

cellular environment (7)

الجيئومية الواسعة النطاق المرتبطة بالسرطان، وبخاصة تلك المتعلقة بانتقال المرض *metastasis* وكيف يمكننا تسخير قوة البيولوجيا الحاسوبية *computational biology* لتكوين بوابات *portals* إلى قاعدتها البيانية، بحيث يمكن أن يستفيد منها البيولوجيون الأكاديميون والباحثون السريريون وكذلك المسؤولون عن الصحة في الصفوف الأمامية؟ كيف يمكننا موازنة حقوق الملكية الفكرية بحيث تؤدي إلى ترقية البحث الأكاديمي وتطوير طرق العلاج، ومتى سيتسكن الكونكرس من سن قانون ضد التمييز الجيني؟، بحيث سيكون للمعلومات المكتسبة عبر المشروع TCGA أكبر قدر من التأثير الإيجابي في صحة الأمريكيين؟ وتستمر قائمة التساؤلات

ولتجنب التوقعات الخاطئة، لابد من الموضوع بخصوص التساؤلات التي لا يمكن لهذا المشروع أن يجيب عنها. فمع أن المشروع TCGA يعد مصدرا مهما لنطاق واسع من الاستكشافات البيولوجية، إلا أنه مجرد قاعدة للبحث المستقبلي في السرطان، وهذا البحث مازال غير مكتمل وباستعراض العدد الكبير من المواقع الشاغرة على خارطة المعلومات الجينية الحالية حول السرطان، فإن توقع ملء هذه الشواغر أمر مبهم ولكنه محبط في الوقت نفسه فالعلماء والجمهور في حاجة ماسة إلى معرفة غير قابلة للشك أن هذا الاقتحام غير المسبوق في مجال عمل خارطة جزيئية يتطلب سنوات عديدة من العمل الشاق والحلول الإبداعية للعديد من المشكلات من قبل الآلاف من العلماء من مختلف المجالات العلمية.

فحتى اليوم، مازالت الرؤية غير واضحة تماما بخصوص ما ستسفر عنه جميع هذه الأبحاث ومن أجل مرضى السرطان ومن سوف يصابون به، نأمل أن يفوق ما ستحققه الأبحاث البيولوجية من إنجازات حول السرطان، خلال القرن الحادي والعشرين، جميع توقعات وأحلام حريئات دولبيكو.

Targeting Gene Changes in Cancer (١)
genetic nondiscrimination legislation (١)

المؤلفان

Francis S. Collins · Anna D. Barker

هما رائدا مشروع أطلس الجينوم السرطاني «كولينز» هو مدير المعهد الوطني لأبحاث الجينوم البشري، وقد استطاع بفصل إدارته لهذا المشروع إتمام السلسلة الجينية للحمض النووي (DNA) للإنسان «هاركر» هي رئيس هذا المعهد، وكانت ترأس أيضا فريق الأبحاث الخاصة بتطوير الدواء والنقبات البيولوجية في القطاعين العام والخاص، من أجل مكافحة السرطان

مراجع للاستزادة

The New Era in Cancer Research. Harold Varmus in *Science*, Vol. 312, pages 1162-1165; May 26, 2006.

The Consensus Coding Sequences of Human Breast and Colorectal Cancers. Tobias Sjöblom et al. in *Science*, Vol. 314, pages 268-274; October 13, 2006. (Published online September 7, 2006.)

The Cancer Genome Atlas: <http://cancergenome.nih.gov>

Scientific American, March 2007

استهداف التغيرات الجينية في السرطان

ستقوم مجموعات البحث الاستكشافي (TCGA) بفحص الحمض النووي (الدنا) لألف وخمسمئة عينة سرطانية من مرضى سرطانات الرئة والمبيض والمخ، وذلك لكشف التغيرات الجينية. ويتوقع ستسكة جينية لما يقرب من ألفين جينة مريبة في كل عينة لتحديد تغيرات طفرة معينة. وسيتم عمل قائمة بالجينات المستهدفة في كل نوع من هذه السرطانات. وفي الأغلب، ستقوم بتحديد هذه الجينات معاهد تميز الجينوم البشري (C.G.Ch) من العينات التي لديها، وستضم القائمة أيضا الجينات المرتبطة بالسرطان والتي سبق تعرفها



من اليسار إلى اليمين: سرطان الأورام الدبقية glioblastoma (ويحدث غالبا في المخ عند البالغين)، سرطان الرئة، سرطان المبيض

المجموعات الجينية	أمثلة
جينات مصنفة من قبل المعاهد TCGA بأن الخل فيها يمكن في تكوينها أو النشاط في عدد كبير من العينات السرطانية.	في بعض عينات أورام المخ، يكون التكويد الجيني <i>gene encoding</i> للبروتين داخل الخلايا <i>intracellular</i> (NF-KAP B) أنشط كثيرا مما هو في نسيج مخي عادي.
أنكوجينات (جينات ورمية) معروفة جيدا (جينات تتسبب زيادة نشاطها أو تغيراتها في السرطان).	• جينات مستقبلية عامل نمو: <i>HER2</i> (سرطان الثدي والرئة)، <i>EGFR</i> (سرطان الرئة والقولون) • جينات بروتين مؤشرة: <i>BCR-ABL</i> (سرطان الدم الميولوجوني المزمن)، <i>RAS</i> (في كثير من السرطانات)، <i>B-RAF</i> (سرطان الجلد). • منظمات موت الخلية: <i>BCL-3</i> (الأورام الليفية).

• متحركات في الانقسام الخلوي: *RB1* (ورم العين رتينوبلاستوما).
• المصححات الدنوية *DNA repairs*: *HNPCC* (سرطان القولون والرحم).
• مُحَصِّضَات promoters الانتحار: *P53* (سرطانات الرئة والقولون والثدي والمخ).

كابتات *suppressors* للأورام معروفة جيدا (وهي جينات تحمي الخلايا من التحول السرطاني، إلا إذا فقدت هذه الخاصية نتيجة تغيرات طفرة).

إن الأنكوجينات (الجينات الورمية) *HER2* و *EGFR* هي جزء من عامل النمو البشري *epidermal* مستقبل مؤشر المسار الذي يحتوي على الأقل على 6 جينات أخرى يُظن أنها تؤدي دورا محوريا في تطور السرطان.

جينات متعلقة بأنكوجينات (جينات ورمية) معروفة وبجينات كابتة للأورام، وذلك بالتشابه أو الاشتراك في المسارات الخلوية.

الألوان الخادعة والدماغ

توحي خداعات بصرية جديدة بأن الدماغ
لا يفرق بين إدراك الألوان وإدراك الأشكال والأعماق.

<A> ويرفر - بينا - <C> سيلمان



تلقي أوراق الخريف والانعكاسات في مياه الينبوع ضوءاً قوياً على الطريقة التي تسهم بها الألوان في الإدراك الحسي للأشياء، إذ يختفي الكثير من العمق والتفاصيل في النسخة بالأبيض والأسود للمشاهد نفسه.

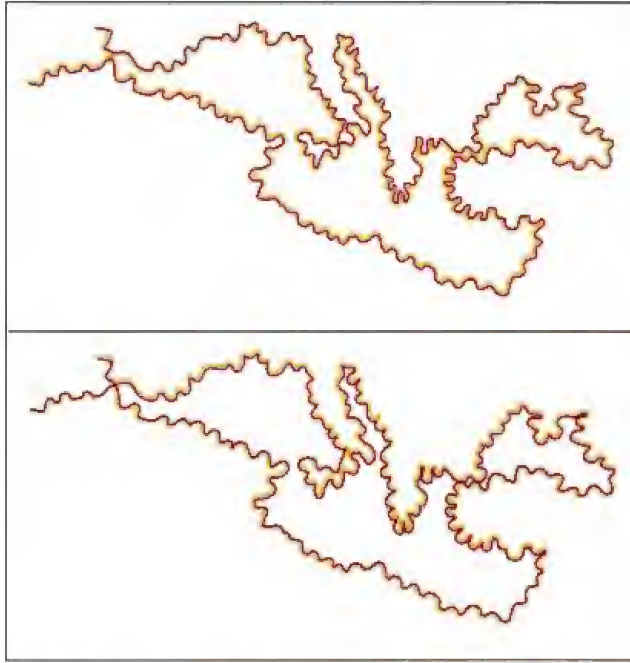
من تغيرات في البيئة المحيطة بها. ويتفق معظم الباحثين الذين يدرسون الإبصار على أن الألوان تساعدنا على التمييز بين الأشياء عندما لا تكون الفروق في السطوع كافية لهذه المهمة، في حين ينزع البعض إلى القول بأن الألوان تُزف ولا حاجة فعلية إليها، إذ على الرغم من كل شيء، يبلي الناس المصابون بالعمى اللوني تمام وكذلك الكثير من أنواع الحيوانات بلاءً حسناً من دون مدى الإدراك اللوني الموجود لدى الغالبية من البشر فالمسار المسؤول عن أداء وظيفة الملاحظة والحركة في الدماغ، على سبيل المثال، يتسم أساساً بالعمى اللوني كما يبدو أن الأشخاص الذين يصابون بالعمى اللوني إثر إصابتهم بسكتة دماغية يظل إدراكهم البصري طبيعياً من النواحي الأخرى ولقد أخذت مثل تلك الملاحظات كدعائم لفهم الطبيعة الانعزالية للمعالجة اللونية الذي يقترح أن الألوان ليس لها أي دور في معالجة عمق الأشياء وشكلها، وإنما باختصار مختصة فقط بتدرج اللون وإشباعه وسطوعه.

ولكن دراسة الألوان الخادعة للبصر، أي التي ينخدع الدماغ

ILLUSOR COLOR THE BRAIN

إن عالماً بلا ألوان يبدو مفتقداً لعناصر مهمة، وهو هكذا بالفعل. فالألوان لا تمكننا فقط من رؤية العالم بدقة أكثر، ولكنها أيضاً تصفي إليه حواصاً ناشئة عنها قد لا توجد من دونهما فالصورة الفوتوغرافية التي بالألوان في هذه الصفحة، على سبيل المثال، تظهر فيها الأوراق النباتية الخريفية في المياه الهادئة الرائقة لينبوع ومعها الصور المنعكسة للأشجار ولسماء الأصيل الداكنة الزرقاء من خلفها على الماء. أما في الصورة الفوتوغرافية بالأبيض والأسود للمشاهد نفسه، فإن الأوراق النباتية تبدو أقل وضوحاً، وتكون السماء الداكنة الزرقاء غائبة وانعكاسات الضوء ضعيفة، وتتصعب رؤية المياه نفسها، وتختفي تماماً الفروق في العمق الظاهر في ما بين السماء والأشجار والأوراق النباتية الطافية.

ولا يزال هذا الدور الذي يؤديه اللون وحتى الطبيعة الحقيقية للون غير مدركين جيداً ويعتقد كثير من الناس أن اللون خاصية مميزة وأساسية للأشياء تعتمد كليةً على الأطوال الموجية المعينة للضوء المنعكس منها ولكن هذا الاعتقاد خاطئ، فاللون هو إحساس يحدث أو يتخلق في الدماغ: إذ لو كانت الألوان التي ندركها بحواسنا تعتمد فقط على الطول الموجي للضوء المنعكس منها لبدأ أن ألوان الأشياء تتغير تغيراً متبراً مع التغيرات التي تحدث في الإضاءة خلال النهار وفي الظلال ولكن بدلاً من ذلك يجعل نشاط الدماغ ألوان الأشياء ثابتة نسبياً على الرغم مما يحدث



يبين تأثير اللون الماء - الذي يبدو فيه أن اللون الأصفر من أي لونين هو الذي ينتشر - كيف يمكن أن تكون الألوان مهمة في تحديد اتساع الأشكال وهيبتها تظهر خريطة البحر الأبيض المتوسط، على الفور، عندما ينتشر اللون الخفيف الذي يبدو في البداية أنه يغطي البحر (في الأعلى) إلى نطاق البابسة

المركز والمنطقة المحيطة به يعني أن الخلايا العقدية تستجيب للتغيرات وبهذه الطريقة تزيد من شدة استجابة الدماغ للحافات والحدود تنقل محاور الخلايا العقدية إشارات على مراحل إلى الدماغ وبالتحديد إلى النواة الركبية البصرية (الوحشية) للمهاد (بالقرب من مركز الدماغ). ومن هناك إلى القشرة المخية البصرية (عند مؤخر الدماغ) إن المجموعات المختلفة من الخلايا العقدية حساسة لصور مختلفة نوعاً ما من المنبهات كالحركة والشكل، ونوصل إليها الإشارات بسرعات مختلفة. حيث تنقل إشارات الألوان على سبيل المثال بواسطة الألياف البطينية.

ويعتقد أن حوالي 40 في المئة، أو أكثر، من الدماغ البشري يُستخدم في الإبصار وتنظم العصبونات في المناطق التي يتم تنبيهها مبكراً في أثناء المعالجة البصرية (وهي أجزاء من القشرة المخية البصرية تسمى V1، V2، V3) في خرائط توفر تمثيلاً لجمال الإبصار نقطة إلى نقطة، ومن هناك تنتشر الإشارات البصرية إلى أكثر من 30 منطقة مختلفة متصلة معاً بواسطة أكثر من 300 دائرة وكل منطقة من هذه المناطق لها وظائف متخصصة، مثل معالجة الألوان والحركة والعمق والشكل. ولكنها لا تنقل حصرياً خاصية إدراكية واحدة. وفي النهاية، تتجمع كل هذه المعلومات بطريقة ما في إدراك حسي متكامل للشيء، ذي الشكل الخاص واللون الخاص ولم يتمكن علماء الأعصاب حتى الآن من فهم تفاصيل كيفية حدوث ذلك

ومن المثير للاهتمام أن إصابة مناطق إبصارية معينة على جانبي الدماغ بالتلف تؤدي إلى حدوث عجز في إدراك الأشكال

برؤيتها، تثبت أن معالجة الألوان في الدماغ تحدث جنباً إلى جنب مع معالجة خواص الأشياء الأخرى، مثل الأشكال والحدود لقد مررنا عدداً من الصور الجديدة الخادعة للبصر التي ابتدعنا كثيراً منها في محاولتنا، طوال عقد من الزمن، تبين كيف تؤثر الألوان في إدراك الخواص الأخرى للأشياء ولقد اعاننا هذه الصور الخادعة للبصر على فهم كيف تؤدي المعالجة العصبية للألوان إلى بزوغ خواص الأشكال والحدود. إلا أننا نحتاج إلى تذكر كيف يعالج الجهاز البصري البشري الألوان قبل أن نبدأ مناقشة تلك الصور الخادعة للبصر

المسارات المؤدية إلى الخداع البصري

يبدأ الإدراك البصري بامتصاص الضوء - أو بشكل أكثر دقة بامتصاص مجموعات صغيرة منفصلة من الطاقة تسمى الفوتونات أو وحدات الكم الضوئي - بواسطة المخاريط والنباييت الواقعة في الشبكية [انظر الموطر في الصفحة 60] تستخدم المخاريط للرؤية النهارية، أما النباييت فهي مسؤولة عن الرؤية الليلية. يستجيب مخروط المستقبل الضوئي بحسب عدد الفوتونات التي يأسرها، وتنقل استجابته إلى نوعين مختلفين من العصبونات يطلق عليها مصطلح الخلايا الثنائية القطب لبدء الاستثارة العصبية ووقفها وبدورها تزود هذه العصبونات خلايا عقدية لبدء الاستثارة العصبية ووقفها، وهي واقعة جنباً إلى جنب في الشبكية، بزاوية من الدفعات العصبية

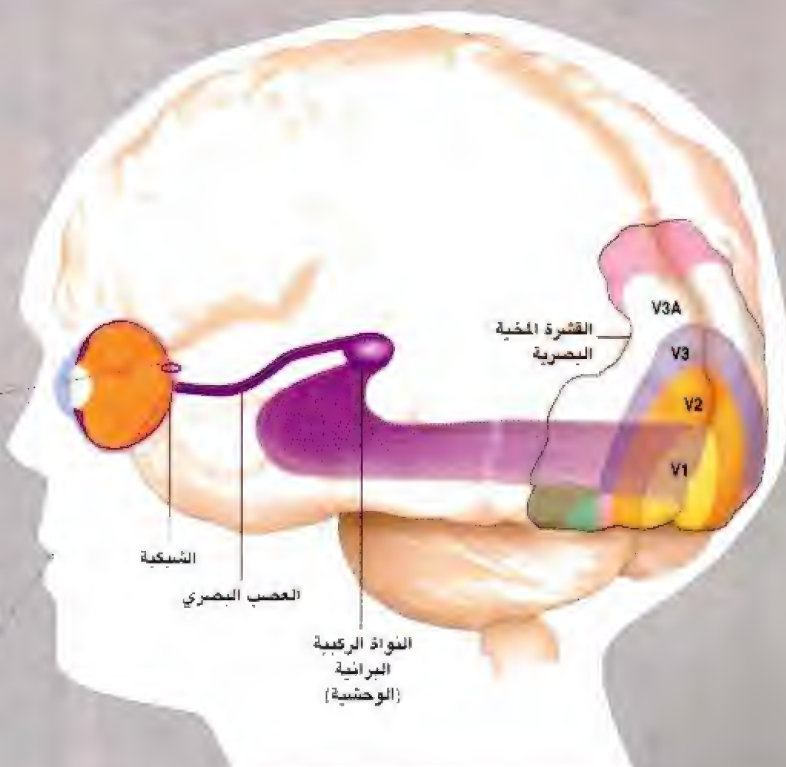
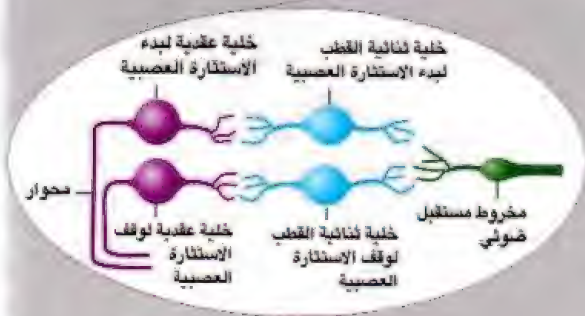
والخلايا العقدية ما يسمى حقل استقبال مطوقاً لمركز - وحقل الاستقبال لأي عصبون متعلق بالإبصار هو مساحة من الفضاء في العالم المادي تؤثر في نشاط ذلك العصبون ويستجيب العصبون ذو حقل الاستقبال المطوق لمركز استجابات متفاوتة وفقاً لكمية الضوء النسبية في مركز الحقل وفي المنطقة المحيطة بالمركز وتستثار الخلايا العقدية لبدء الاستثارة العصبية إلى أقصى حد وتطلق الدفعات العصبية بمعدل مرتفع، عندما يكون المركز أكثر إضاءة من المنطقة المحيطة به، وتقل استثارته إلى حدها الأدنى وتطلق الدفعات العصبية بمعدل منخفض. عندما يكون حقل الاستقبال مضيقاً إضاءة متماثلة أما الخلايا العقدية لوقف الاستثارة العصبية فتسلك مسلكاً مضاداً، حيث تطلق الحد الأقصى من الدفعات العصبية عندما يكون المركز أكثر ظلمة من المنطقة المحيطة به، وتطلق الحد الأدنى من الدفعات العصبية عندما يكون المركز والمنطقة المحيطة به متماثلتي الإضاءة وهذا التضاد بين

نظرة إجمالية/ رؤية الألوان

- لقد ظل الباحثون، الذين يدرسون عملية الإبصار، يعتقدون أن معالجة الألوان في الدماغ منفصلة عن معالجة ملامح الأشياء الأخرى، مثل العمق والشكل.
- ولكن دراسة الألوان الخادعة للبصر أثبتت أن إدراك الألوان يولد خواص الشكل والعمق الناشئة عنها.
- على وجه الخصوص، قام المؤلفون بتهئية شكل اسمه الصورة الخادعة للبصر لإدراكنا لتكشف عن كيفية ارتباط ألوان الأشياء وأشكالها وهيئاتها بإدراك الدماغ للعالم المرئي.

رؤية الألوان^(١٠)

يبدأ إدراك الألوان بامتصاص خلايا المخروط التي في شبكية العين للضوء (التفاصيل في الأسفل). يستجيب مخروط المستقبل الضوئي بطريقة واحدة فقط، ولكن نشاطه ينتقل بواسطة نوعين مختلفين من العصبونات يسميان الخلايا الثنائية القطب لبداية الاستشارة العصبية ووقفها، والتي بدورها تمد بالزاد⁽⁴⁾ الخلايا العقدية لبداية الاستشارة العصبية ووقفها. وتنقل محاور الخلايا العقدية إشارات إلى الدماغ على مرحلتين: أولاً إلى النواة الركبية البrianية (الوحشية)، ومن هناك إلى القشرة المخية البصرية.



بالوان الماء، سمينا هذه الصورة الخادعة للبصر تأثير ألوان الماء. لقد وجدنا أن انتشار اللون يتطلب أن يكون خط الحدود الكفافيين متماسكين، بحيث يمكن أن يؤدي اللون الداكن دور الحاجز الذي يسمح بانتشار اللون الفاتح على الداخل في الوقت الذي يحول فيه دون انتشاره للخارج. ويبدو الشكل المحدد باللون المائي الخادع للبصر كثيفا ومرتفعا ارتفاعا طفيفا، ولكن حينما ينعكس لونا الخط الكفافي المزدوج تبدو هذه المنطقة نفسها بيضاء بياضا باهتا ومرتدة ارتدادا طفيفا

إن تأثير ألوان الماء يحدد ما الذي سيصبح شكلاً وما الذي سيصير أرضية ground بقوة أكثر حتى من الخواص التي اكتشفها علماء النفس الجشططت " عند بداية القرن العشرين، مثل القرب والامتداد الأملس والإغلاق والتماثل وهلم جرا. إن جانب الخط الكفافي المزدوج ذا اللون الفاتح يملأ ما بداخله باللون المائي ويتم إدراكه كشكل، في حين يُدرك الجانب ذو اللون الداكن كإرضية ويساعد عدم التماثل هذا على إبطال الالتباس. وتذكرنا هذه الظاهرة بنظرية $E = mc^2$ رابينز] (أحد رواد أبحاث الشكل والأرضية) التي تنص على أن الحد ينتهي إلى الشكل وليس إلى الأرضية

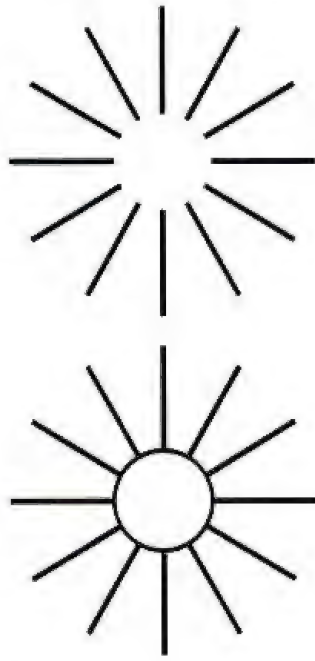
وهناك تفسير عصبي لصورة ألوان الماء الخادعة للبصر، وهو أن المجموعة المتولدة من خط كفافى فاتح اللون مطوق بخط كفافى داكن اللون (حتى على خلفية أفتح لونا) تنبه العصبونات التي تستجيب فقط لخط حدود كفافى فاتح اللون من الداخل أكثر من الخارج، أو لخط كفافى داكن اللون من الداخل أكثر من الخارج. ولكن ليس لكليهما

وكذلك الألوان، وهذا دليل آخر على أن لون الشيء ليس منفصلاً عن خواصه الأخرى ويمكن أن يؤدي تمازج الإشارات اللونية في الدماغ مع الإشارات الناقلة للمعلومات المتعلقة بأشكال الأشياء إلى إدراكات حسية غير متوقعة من تحليل أطوال موجات الضوء المنعكس من تلك الأشياء - كما أوضحنا ذلك بشكل مبسّط في صورنا الخادعة للبرص.

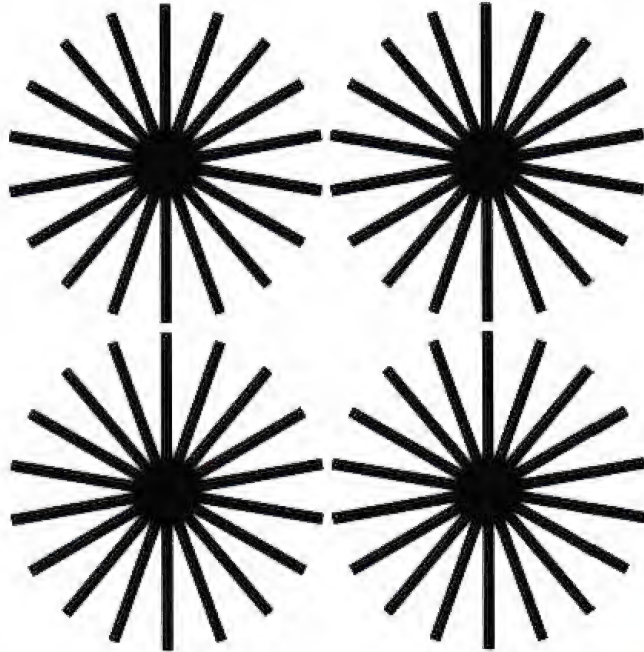
تأثير ألوان الماء

لقد أوضحت واحدة من تجاربنا المبكرة مع الألوان الخادعة للبصر كيف يمكن أن تكون الألوان مهمة لتحديد مساحة أي شكل من الأشكال وهيئته بدقة. يمكن أن يتغير لون الشيء في حالات معينة استجابة للون المحيط به، بحيث يصير أكثر اختلافاً عنه (ويسمى ذلك تغيراً أو تبايناً) أو أكثر مشابهة له (ويسمى ذلك تشابهاً أو تماثلاً). وقد وُصِف حدوث انتشار اللون المشابه فقط عبر مساحات ضيقة، متوافقاً مع النتائج البحثية التي وجدت أن غالبية الاتصالات في ما بين العصبونات الإحصارية في الدماغ ذات مدى قصير نسبياً. لذلك اندهشنا حين وجدنا أنه عندما تكون مساحة غير ملونة مطوقة بخطي حدود كفافيين مختلفي اللون - بحيث يكون الخط الكفافي الداخلي أفتح من الخط الكفافي الخارجي - فإن لونا خفيفاً ينبعث من الخط الكفافي الداخلي منتشراً عبر تلك المساحة بأكملها، بل حتى عبر مسافات طويلة إلى حد ما [انظر الشكل في الصفحة 59]

ولما كان اللون يشبه نسيجاً شفافاً باهتاً كالذي نراه في صورة



يوفر شكل إهرنشتاين الذي طوره عالم النفس الألماني <W> إهرنشتاين في عام 1941، أساسا للخداعات البصرية التالية. تؤدي إضافة دائرة (كما في الشكل السفلي) إلى تلاشي الخداع البصري الذي يجعلنا نرى قرصا مركزيا ساطعا



① تملأ رقع دائرية ساطعة الفجوة المركزية لشكل إهرنشتاين الذي تم تعديله لزيادة هذا الخداع البصري

وعلى الأرجح تُكوِّد " ملكية الحدود في مراحل مبكرة من معالجة الإحصائية في القشرة المخية البصرية. كما في منطقتي الدماغ V1، V2. وفي التجارب التي أجريت على النسانيس، وجد علماء الفزيولوجيا العصبية أن ما يقرب من نصف عدد العصبونات الموجودة في القشرة المخية البصرية يستجيب لاتجاه التغيرات (سواء أصبح اللون فاتحا أكثر أم داكنا أكثر)، ولذلك يمكنها أن تعيّن بدقة حدود الشكل. كما أن لهذه العصبونات نفسها دورا في إدراك العمق الذي يمكن أن يسهم في فصل الشكل عن الأرضية.

لقد أظهرت استقصاءاتنا أن الخطوط المتعرجة تحدث انتشارا أقوى للون الماء، مما تحدث الخطوط المستقيمة، ربما لأن الحدود المتموجة تُشغّل عددا أكبر من العصبونات الحساسة والسريعة الاستجابة للتوجيه. ولابد أن الإشارات اللونية المنبعثة من هذه الحافات غير المستقيمة تنتشر عبر مناطق القشرة المخية التي تخدم مساحات واسعة من مجال الإبصار، بحيث يستمر انتشار اللون إلى أن توفر الخلايا الحساسة للحدود الموجودة على الجانب الآخر من المنطقة المطوقة حاجزا يمنع تدفق اللون وهكذا يكون اللون والشكل مرتبطين معا ارتباطا معقدا لا ينقسم في الدماغ والإدراك الحسي عند هذا المستوى من التحليل القشري المخي.

خطوط شعاعية

تقدم صورة الخطوط الشعاعية الخادعة للبصر مزيدا من الأدلة على الدور الذي يؤديه اللون في تمييز الشكل من الأرضية. لقد أثبت عالم النفس الألماني <W> إهرنشتاين في عام 1941 أن رقعة دائرية ساطعة تملأ بوضوح الفجوة المركزية الموجودة بين مجموعة من الخطوط الشعاعية. ولا يوجد أي ارتباط بين الرقعة والحد الدائري المحدد لها وبين المنبه المادي، فهما انطباعان خادعان متولدان منه. ويبدو السطح الساطع الخادع للبصر واقعا أمام الخطوط الشعاعية بمسافة طفيفة [انظر الشكل العلوي في هذه الصفحة].

ويحدد طول الخطوط الشعاعية وعرضها وعددها وتباينها شدة هذه الظاهرة ويقتضي الترتيب المكاني للخطوط اللازم ليصبح الخداع البصري نافذ المفعول وجود عصبونات تستجيب لنهايات الخطوط. لقد تم تعيين هذه الخلايا، التي تسمى الخلايا المتوقفة الاستثارة، في نهايات الخطوط التي يمكن أن تفسر هذا التأثير في القشرة المخية البصرية وتتحد هذه الإشارات الموضعية لتصبح زادا لعصبونات أخرى (من المرتبة الثانية) تملأ المساحة المركزية بسطوع زائد.

لقد قمنا في دراساتنا للصورة الخادعة للبصر لـ<إهرنشتاين>، بتقييم التغييرات في عدد الخطوط الشعاعية وطولها وعرضها. والأمثلة التي نعرضها في هذه المقالة تستخدم فيها المجموعة المؤتلفة من التغييرات التي

encode ١١

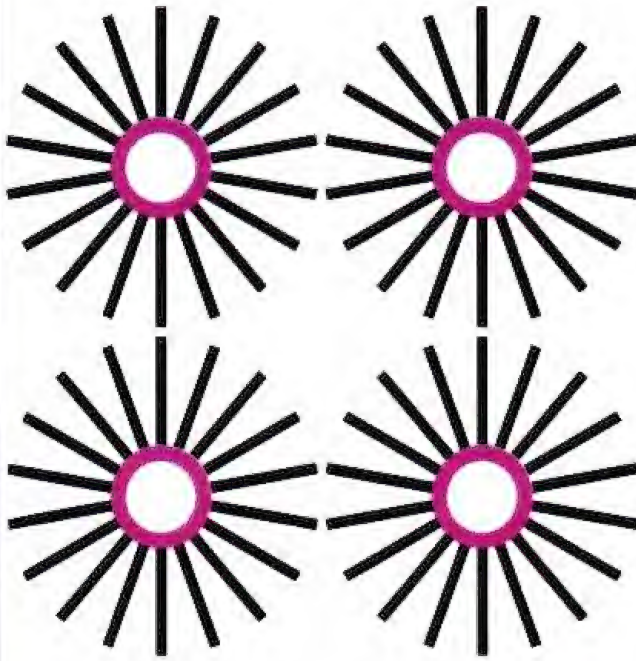
Radial Lines (x)

وجدناها الأكثر لفتا للنظر [انظر الأشكال المرقمة]. ولزيادة التأثيرات قمنا بعرض أربع نسخ من كل نموذج منظم كمجموعة. وبمجرد أن استطعنا تحديد خصائص الخطوط الشعاعية التي تنتج الدائرة المركزية الأكثر سطوعا ①، قمنا بالتجريب مع تغيير الخواص اللونية للفجوة المركزية. قمنا أولا بإضافة حلقة سوداء إلى شكل إهرنشتاين فاختفى سطوع الفجوة المركزية تماما وتلاشى الخداع البصري. وهو ما لاحظته «إهرنشتاين» سابقا وأشار إليه. ونحن نشتهيه في أن هذا التأثير ينشأ لأن الحلقة تسكت الخلايا التي تبليغ بالإشارات نهايات الخطوط

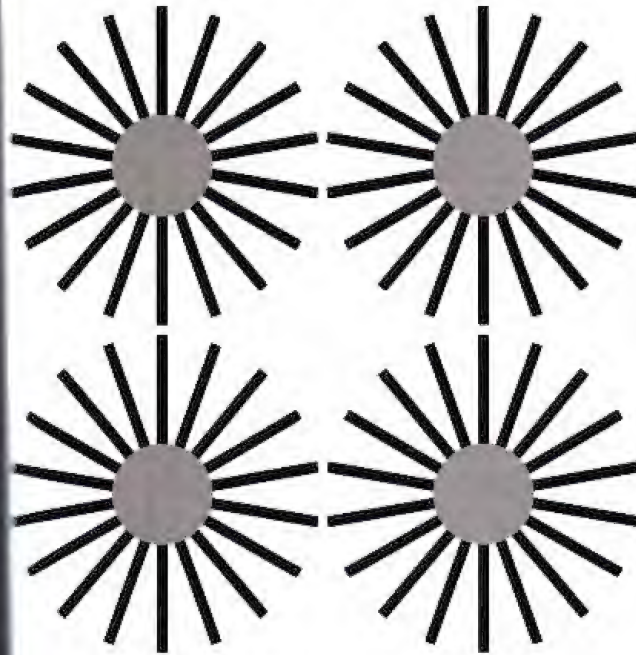
أما إذا كانت الحلقة ملونة، فيمكن أن تستثار خلايا أخرى بهذا التغيير. فعندما أضفنا حلقة ملونة لم يبدُ القرص الأبيض أكثر سطوعا ولمعانا (مضينا إضاءة ذاتية) مما كان عليه في شكل إهرنشتاين فحسب، بل كان له أيضا مظهر كثيف كما لو أن عجيبة بيضاء قد وُضعت على سطح الورقة ②. لقد أثارت هذه الظاهرة دهشتنا، حيث إن الإضاءة الذاتية وخواص السطح لا تظهران معا عادة، بل تعتبران أيضا شكلين للمظهر متعارضين أو مانعين بالتبادل لقد أطلقنا على هذه الظاهرة مصطلح التحريض على السطوع الشاذ، ورُسِحا الخلايا الموجودة في المناطق القشرية المخية الأولية لتكون مسؤولة عن هذا الخداع البصري، كما في تأثير الوان الماء.

بعد ذلك قمنا بإدخال قرص رمادي في الفجوة المركزية لشكل إهرنشتاين ③، فنشأت ظاهرة أخرى أطلق عليها مصطلح البريق المتأليء والتي يفسح فيها السطوع الخادع للبصر المجال لإدراك وميض لامع يحدث مع كل حركة للنموذج أو العين. ويمكن أن يحدث التلألؤ أو اللمعان نتيجة التنافس بين جهازي بدء الاستثارة العصبية ووقفها: فيتنافس السطوع الذي تحرض عليه الخطوط (تزايد متوهم) مع اللون الرمادي الداكن للقرص (تناقص مادي) وعندما قمنا باستبدال الأقراص المركزية البيضاء داخل الحلقات الملونة بأقراص سوداء، مع استخدام خلفية محيطة سوداء ④، بدت الأقراص داكنة أكثر حتى من المساحة المحيطة بها والمطابقة ماديًا لها. وبدلاً من ظهورها مضية إضاءة ذاتية مثل الأقراص البيضاء، يحدث السواد فيما يبدو فجوة أو ثقباً أسود يمتص جميع الضوء.

عندما كان القرص المركزي داخل الحلقة الملونة رمادياً بدلاً من أن يكون أبيض أو أسود، فقد ظهر وكأنه أصبح ملوناً باللون المتمم للون الحلقة، فتلون على سبيل المثال بلون أصفر ضارب إلى الخضرة عندما كانت الحلقة المطوقة له أرجوانية اللون ⑤. إضافة إلى ذلك بدا أن القرص يلمع مع كل حركة للعين أو عند تحرك النموذج للخلف أو للأمام؛ كما بدا أنه يتحرك بالنسبة إلى المنطقة المحيطة به ويعتمد التباين اللوني الشاذ الوامض على الخطوط الشعاعية والحلقة الملونة مثله مثل التأثيرات الأخرى. ولكن له أيضاً خواص فريدة ليست فيما يبدو مجرد مجموعة مؤلفة من التأثيرات المعروفة الأخرى ففي هذا الخداع البصري، يبدو اللون المحدث مضياً إضاءة ذاتية ومثلأنا، كما يبدو طافياً فوق بقية الصورة على نحو لافت للنظر، ولا يختلط لون السطح مع اللون المضيء، إضاءة ذاتية، ولكن بدلاً من ذلك ينتمي أحدهما إلى القرص الظاهر في الصفحة وينبعث الآخر من اتحاد الخصائص الأخرى للمنبهات في التباين اللوني الشاذ الوامض. يمكن أن تنشط الخطوط



② تحريض على إحداث سطوع شاذ: إن إضافة حلقات ملونة تجعل القرص الخادع للبصر تبدو أكثر بياضا



③ بريق متألئء: تسبب الأقراص الرمادية ملء الفجوة المركزية برفع داء وامضة

الشعاعية العصبونات الموضعية المتوقفة الاستثارة بنهايات الخطوط. مثل ما اقترح بالنسبة إلى تزويد الفجوات بخطوط كفاية خادعة للبصر، ولكن تنشيط هذه الخلايا لا يفسر نفسيرا كاملا للظهور المشترك للوميض واللون المتم وليس واضحا فيما إذا كان للخطوط الشعاعية تأثير مباشر في التغيرات اللونية أم أن زهو اللون مشتق على نحو غير مباشر، من التلالؤ والبريق اللذين تسببهما المجموعة المؤلفة من الخطوط الشعاعية والمركز الرمادي

إن الفهم الحالي للدماغ لا يستطيع تفسير جميع الأمور التي تحدث في هذا الخداع البصري، وإن تعقيد هذا الخداع البصري يوحي بأن حدوثه نتيجة عملية منفردة متكاملة أمر بعيد الاحتمال. ولكنه قد يمثل محاولة من قبل الدماغ للتوفيق بين الإشارات المتنافسة الواردة من العديد من المسارات المتخصصة. ولهذا من الواضح أن على العلماء اكتشاف المزيد عن كيفية إدراك الدماغ للعالم المادي ولحسن الحظ سوف يستمر العمل المتقدم على الألوان الخادعة للبصر لاقتراح مدخل مثير إلى تعقيدات جهاز الإيصار البشري.

المؤلفون

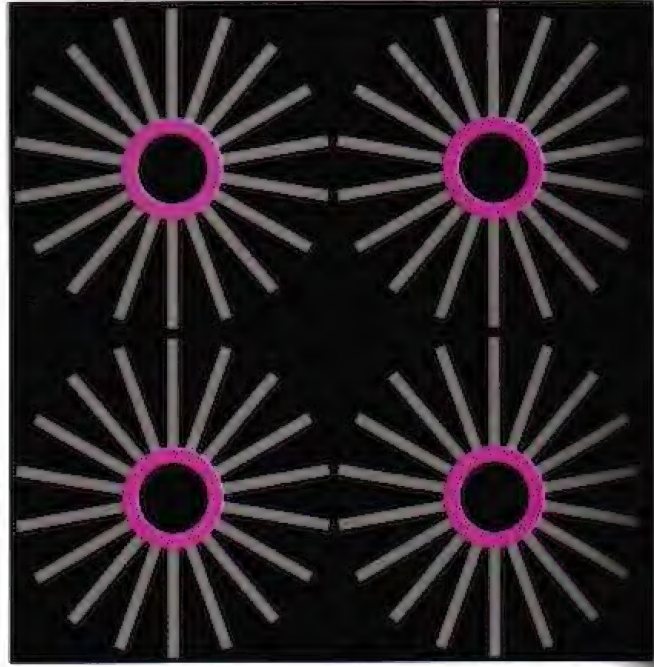
Jahn S. Werner - Baingio Pinna - Lothar Spillmann

عملوا على الصور الخادعة للبصر التي عرضت في هذه المقالة على مدى العقد الماضي. حصل «ويرنر» على الدكتوراه في علم النفس من جامعة براون وأجرى أبحاثه في معهد الإدراك الحسي - TND هولندا، وهو الآن أستاذ في جامعة كاليفورنيا بديفيز أما «بيننا» الأستاذ في جامعة ساساري بإيطاليا، فقد تلقى تعليمه الجامعي ودراساته العليا في جامعة Padua أما «سبيلمان» [وهو رئيس مختبر الفيزياء النفسية البصرية في جامعة فريبورج بألمانيا] فقد أمضى سنتين في معهد ماساتشوستس للتقانة وخمس سنوات في مؤسسة الشبكية Retina ومستشفى ماساتشوستس للعين والأذن وقد ابتدع كل من «بيننا» و«سبيلمان» صورا من الخداع البصري تعرض في قاعة الاكتشافات العلمية بسان فرانسيسكو

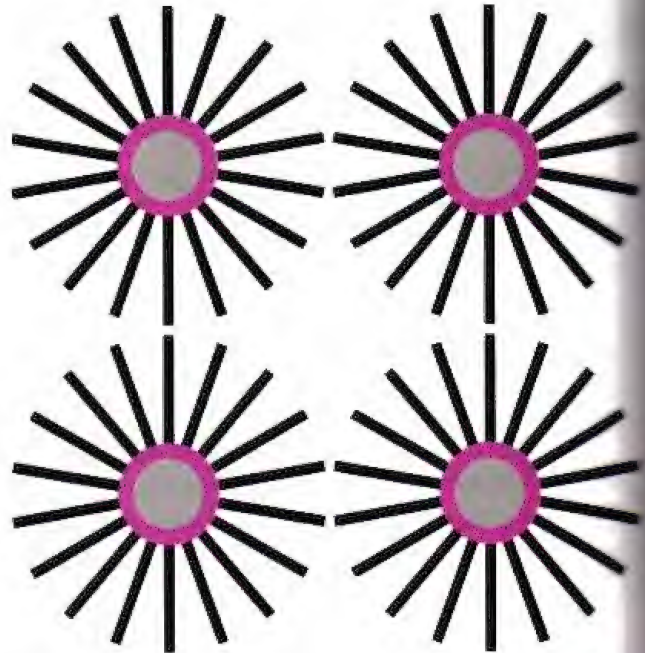
مراجع للاستزادة

- Sensory Experience, Adaptation and Perception.** Edited by Lothar Spillmann and Bill R. Wooten. Lawrence Erlbaum Associates, 1984.
- Visual Perception: The Neurophysiological Foundations.** Edited by Lothar Spillmann and John S. Werner. Academic Press, 1989.
- Neon Color Spreading: A Review.** P. Bressan, E. Mingolla, L. Spillmann and T. Watanabe in *Perception*, Vol. 26, No. 11, pages 1353-1366; 1997.
- The Watercolor Effect: A New Principle of Grouping and Figure-Ground Organization.** B. Pinna, J. S. Werner and L. Spillmann in *Vision Research*, Vol. 43, No. 1, pages 43-52; January 2003.
- The Visual Neurosciences.** Edited by L. M. Chalupa and J. S. Werner. MIT Press, 2004.
- Figure and Ground in the Visual Cortex: V2 Combines Stereoscopic Cues with Gestalt Rules.** F. T. Qiu and R. von der Heydt in *Neuron*, Vol. 47, No. 1, pages 155-166; July 2, 2005.
- The Watercolor Illusion and Neon Color Spreading: A Unified Analysis of New Cases and Neural Mechanisms.** B. Pinna and S. Grossberg in *Journal of the Optical Society of America*, Vol. 22, No. 10, pages 2207-2221; 2005.

Scientific American, March 2007



④ التحريض على ظهور سواد شاذ: تبدو الأقراص السوداء داخل حلقات قوية أكثر سوادا من المنطقة المحيطة بها والمتطابقة معها ماديا



⑤ التغيرات اللونية الشاذة الوامض: تبدو الأقراص الرمادية المطوقة بطلقات أرجوانية كأضواء وامضة لونها أصفر مشوب بخضرة عندما يتحرك النموذج أو تتحرك العين للخلف وللأمام

يمكنك صنع ممحاة كمومية^(١)

باستخدام معدات متاحة، يمكنك القيام بتجربة منزلية
توضح أحد أغرب تأثيرات الميكانيك الكمومي.

R. هيلمر - <P> كوياته

على ما يبدو، تؤثر الممحاة الكمومية في أحداث الماضي، وذلك بإزالة معلومات
عن أشياء وقعت فعلاً، وكمثال خيالي، يمكن لقطة أن تمر عبر طرفي شجرة في آن
واحد إذا محبنا بعد مرورها المعلومة المتعلقة بالطريق الذي اتبعته.

لا يمكن توضيح الغرائب الكمومية إلا في المختبرات، وأن
الوسيلة الوحيدة لرؤيتها في المنزل هي برامج التلفاز العلمية.
أليس كذلك؟ كلا ليس تماماً.

في الصفحتين 66 و 67 سنريك كيف تجري تجربة توضح ما
يعرف باسم الممحاة الكمومية^(١) يتضمن هذا التأثير إحدى أغرب
سمات الميكانيك الكمومي - القدرة على القيام بأفعال تغير تفسيرنا
الأولي لما حدث في الماضي.

إلا أننا، قبل أن نشرح ما نعنيه وأن نرسم الخطوط العريضة
للتجربة، نريد حرصاً على مصداقية دعوانا، أن نؤكد ما يلي. يمكن
النظر إلى الأشكال الضوئية، التي سترأها إذا ما نجحت في إجراء
التجربة، باعتبار الضوء موجة كلاسيكية لا تتضمن أي تأثير
كمومي وهكذا فالتجربة من وجهة النظر هذه محض خداع ولا
تبرهن تماماً على الطبيعة الكمومية للتأثير.

ومع ذلك فإن الفوتونات التي تكون الموجة الضوئية ترقص
الرقصة الكمومية بكاملها، من دون أدنى تغيير في غرايتها. إلا أنك

A DO-IT-YOURSELF QUANTUM ERASER (١)
quantum eraser (١)

كما هو معروف، يكشف لنا الميكانيك الكمومي الغرابة الأساسية
في سلوك عالمنا. فهو يتعارض مع المفاهيم القائمة على الحس
المشترك السليم، والتي هي لب إدراكاتنا المعتادة للواقع: يمكن
لخيارين متناقضين أن يتعايشا، كأن يتبع شيء ما مسارين مختلفين
في آن واحد. فلا يمكن أن يكون للأشياء أوضاع وسرعة دقيقة في
آن واحد؛ ويمكن أن تخضع خواص الأشياء، والأحداث إلى عشوائية
يستحيل استنباطها، لأنها لا تتصل بأي حال من الأحوال بعدم
كمال أجهزتنا أو نظرتنا

لقد ولى عهد عالم موثوق تسير فيه الذرات والجزيئات الأخرى،
كما تفعل كرات البلياردو على طاولته الخضراء. وعوضاً عن ذلك،
فهي تتصرف أحياناً كموجات تنتشر في منطقة ما وتتقاطع لتكون
أنماط التداخل

إلا أن جميع هذه الغرائب مازالت تبدو بعيدة عن الحياة
العادية. ولا تتضح التأثيرات الكمومية إلا في الجمل الدقيقة،
كالإلكترونات المحصورة داخل حدود الذرة. ولعلك تعلم نظرياً
أن الظواهر الكمومية هي أساس معظم التقنيات الحديثة، وأنه

ماذا تحتاج للقيام بالتجربة^(١)

- خطوة: استعمل رباطا مطاطيا للإبقاء على عمل الليزر.
- سلك رفيع مستقيم: ملقط شعر أو ردازة ورق.
- ورقة قصدير (المنيوم) ودبوس لتثبيتها. ينتشر الضوء المار عبر الثقوب مكونا شعاعا مخروطيا ضيقا. ثقب الدبوس يجعل الأشكال أشد عتمة.
- ويمكن تحسين النتائج إذا كان ظلام الغرفة كافيا.
- بعض الحوامل لتثبيت الليزر والمستقطبات في أمكنتها، وهذه يمكن أن تكون ببساطة كعلب الطعام.
- حاجز تعرض عليه الأشكال النهائية. وفي حائط صقيل بالغرض، وإلا استعمل صفيحة من الورق.

• حجرة شديدة الظلام.

- فيلم استقطاب^(٢). فيلم زمامي وحيد اللون عالي الجودة (درجة تجريبية) يعطي أفضل النتائج: تجنب استخدام فيلم ملون أيا كان اللون (انظر الموقع: www.sciam.com/ontheweb لمعرفة بعض أمثلة بيع الأفلام).
- قطع الفيلم إلى ستة مربعات، طول ضلع كل منها بوصتان. والمؤطر في الصفحة 68 يشرح فعل المستقطب في الفوتونات.
- ليزر، مثل مؤشر الليزر. إذا كان مصدرك ينتج ضوءا مستقطبا، وجه محور استقطابه ليصنع زاوية 45 درجة مع العمود. إذا كان شعاع الليزر غير مستقطب، ضع مستقطبا بزاوية 45 درجة مباشرة أمام الليزر عند كل

وتولد الجزيئات صورة تداخل في حالة واحدة فقط. وهي أن يكون الجزيء قد مر عبر الشقين معا. إذا لم يكن هناك من وسيلة لمعرفة الشق الذي مر منه فنقول عندئذ إنه لا يمكن التمييز بين المسارين وإن الجزيء يتصرف وكأنه قد مر في واقع الأمر من الشقين معا. يحدث التداخل، حسب فهمنا للميكانيك الكمومي، عندما يتحد اختاران غير متميزين على هذا الشكل.

نسمي الحالة التي يوجد فيها خياران أو أكثر تراكبا superposition. في عام 1935، ركز «شرودينغر» الانتباه على غرابة التراكب الكمومي، عندما اقترح مفهوم القطعة الحبة والميتة في أن واحد، الموجودة في صندوق مغلق بإحكام بحيث لا يمكن مراقبتها، وهو مفهوم صار الآن سبب الصيت. إن في تجربة التداخل الكمومي ما يشبه قطعة «شرودينغر»، إلا أنها بدلا من كونها حبة وميتة في أن معا، فإنها تستطيع عندما تصل أمام الشجرة أن تمر من جانبيها في أن واحد.

وتنتهي حالة التراكب بالنسبة إلى قطعة «شرودينغر» حالما ننظر داخل الصندوق: حيث نراها حبة أو ميتة وليس في كلتا الحالتين (مع أن بعض تفسيرات الميكانيك الكمومي ترى أن المراقب هو الذي أصبح في حالة تراكب برؤية قطعة حبة أو قطعة ميتة) وعندما نسلط الضوء في جوار الشجرة فإننا نرى القطعة الكمومية تسير في أحد الاتجاهين. وعلى النحو نفسه بإمكاننا إضافة جهاز قياس يراقب مرور الجزيئات من الشقين يمكننا أن نخيل أننا أضأنا الشقين بحيث تتبعثر ومضة نور من المكان الذي أتى منه الجزيء. أي إن الومضة جعلت خيارى المسار متميزين، وهو ما يقضي على التراكب. تصل الجزيئات إلى الحاجز النهائي على شكل لطخات عديمة الهيئة بدلا من وصولها على صورة أهداف. لقد أجريت تجارب تشابه هذا السيناريو، وكما يتنبأ الميكانيك الكمومي فلم تتكون أي أنماط تداخل.

في واقع الأمر، لا تحتاج إلى النظر وليس من واجبننا كشف ومضات الضوء والتحقق من الطريق الذي سلكه الجزيء. يكفينا أن المعلومة موجودة تحت تصرفنا في الومضات وأنه كان من الممكن

لا تستطيع التحقق من ذلك إلا إذا أرسلت الفوتونات عبر الجهاز وكشفت عنها واحدا تلو الآخر. غير أن هذا مازال، مع الأسف، بعيدا عن متناول المجرى المنزلي. ومع ذلك فإن رصدك للأشكال في تجربتك وأخذك بالاعتبار ما تعنيه بلغة الفوتونات الفردية، سيعطيك فكرة عن غرابة عالم الميكانيك الكمومي.

إذا كنت تريد القيام مباشرة بالتجربة في منزلك، فإنها مفصلة في الصفحتين 66 و 67. والمناقشة التالية (والتي ستتابع في الصفحة 68) تدخل في علم المحاة الكمومية بصورة عامة، وسيساعدك هذا الشرح على فهم ما تبينه تجربة المحاة. وقد يكون بودك الرجوع إليها بعد رؤيتك ما تفعل هذه المحاة الخاصة.

ما تمحوه المحاة الكمومية^(٣)

إن أغرب ما يتسم به الميكانيك الكمومي هو أن السلوك الذي يبيده شيء ما يتوقف على ما نريد اكتشافه فيه. وهكذا يمكن للإلكترون أن يسلك سلوك جسيم أو سلوك موجة، وذلك وفق تركيب التجربة التي نخضعه لها. فعلى سبيل المثال، يظهر السلوك الجسيمي في بعض الأحوال عندما نتحقق من المسار المحدد الذي اتبعه الإلكترون. ويظهر السلوك الموجي إذا لم نقم بذلك.

يعتمد التوضيح المعهود لهذه المثنوية^(٤) duality على ما يعرف باسم تجربة الشقين (تشبه تجربة المحاة الكمومية هذه التجربة من حيث احتواؤها على مسارين وليس على شقين) يصدر منبع للجزيئات، كالإلكترونات مثلا، جزيئات تسير في اتجاه حاجز يحتوي على شقين، تستطيع المرور عبرهما لتحط في نهاية المطاف على حاجز آخر، حيث يحدث كل جزيء بقعة. ولا يمكن التنبؤ بالموقع الذي حط فيه الجزيء فهو عشوائي إلى حد ما. إلا أن تراكم آلاف البقع ينشئ صورة يتنبأ بها. فإذا كانت ظروف التجربة تلائم السلوك الموجي، فالنتيجة هي صورة تداخل: سلسلة من قضبان غائمة، تسمى أهدافا^(٥). نحطُ فيها معظم الجزيئات ولا يصل سوى القليل منها إلى الفجرات التي تفصل بينها.

What a Quantum Eraser Erases (١١١)

(٢) أو الأزواجية (في السلوك)

What you will need for the experiment (١٠)

polarizing film (١)

fringes (٢)

(٣) انظر «تبدل نظرية يوم حول تفسير ميكانيك الكم». العلوم، العدد ١١ (1995)، ص 54

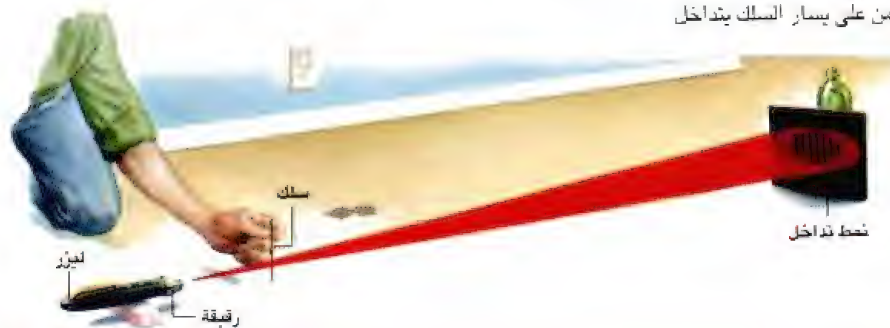
المحو الكمومي في المنزل⁽¹⁾

توضح الخطوات
المعرضة هنا رؤية
عملية المحو الكمومي
ولتوصيف اشمل
ولمعلومات إضافية
مثل مبادئ تداخل
الموجات وتشكل
الاهدا ب، انظر الموقع
www.sciam.com



مع الضوء اثار من على يمينه إذا وضعت قطعة من الورق قرب السلك مباشرة فسترى فلكة lobe من الضوء، على كل من جانبي ظل السلك تتمدد الفلقتان وتغطي كل منهما الأخرى عندما تصلان إلى الحاجز من المستحيل معرفة ما إذا كان الفوتون الفردي الواصل إلى الحاجز أتى من يسار السلك أو من يمينه إن اتحاد هذين المسارين هو الذي يسبب **الاهدا ب fringes**. ومع أنك تنظر إلى تريليونات من الفوتونات فإن كل فوتون يتداخل فقط مع نفسه

رؤية التداخل 1
■ قم بلف ورقة القصدير حول طرف خروج أشعة الليزر واتقها بدبوس لإتاحة مرور جزء من الحزمة الضوئية
■ ضع الليزر على بعد سنت أقدام على الأقل من الحاجز المضنا، لتتكون بقعة دائرية مضيئة عليه
■ ثبت السلك عموديا على مركز الحزمة
ماذا سيحدث ستري نمط تداخل مؤلف من صف من الاهدا ب (قطاعات مضيئة ومظلمة) ينتج التداخل لأن الضوء المار من على يسار السلك يتداخل



هذه لقطة فوتوغرافية للتداخل الحاصل.
إن أبعاد وسمات أنماط التداخل
المرسومة في هذا المخطط مبالغ فيها

مستقطبا عموديا (V). في حين ينتج مستقطب اليمين ضوءا مستقطبا أفقيا (H) هذا ولا أهمية لهذه التسمية ويمكن أن نعكسها **ماذا سيحدث** سنختفي الاهدا ب على الرغم من مرور الضوء عبر جانبي السلك. إذا وصل فوتون إلى الحاجز مارا من الجانب الأيسر للسلك فإنه يصل مستقطبا عموديا (V). وإذا وصل مارا من الجانب الأيمن فإنه يصل مستقطبا أفقيا (H). وهكذا تكون غلامتنا قد زدنا بمعلومات عن الطريق الذي سلكه الفوتون وحال بذلك دون حدوث تداخل

تدمير المسار نعلامات 2
■ خذ مستقطبين وادر أحدهما كي يصبح محوراهما متعامدين تعرف أنك قمت بذلك فعلا إذا غطيت أحد الفيلمين بالآخر وسادت الظلمة منطقة التراكب
■ اربط المستقطبين حنيا إلى جنب من دون تغطية أو فراغ ليكن الربط على طول المنطقتين العلوية والسفلية، بحيث لا يعترض الربط طريق الضوء - نسمي هذا الشيء طابع المسار
■ ضع طابع المسار في طريق الحزمة، بحيث يقع المفصل خلف السلك مباشرة وقد يكون من الأسهل وصل طابع المسار بالسلك. يجب ألا يتزعزع هذا التركيب حتى نهاية التجربة.
نقول إن مستقطب اليسار ينتج ضوءا



Quantum Erasing in the Home (1)

3

اختبار الفوتونات الأتية من اليسار

■ قم بوضع مستقطب ثالث (المحلل - the analyzer) بين الطابع

والحاجز في الاتجاه V.

عندما سيحدث: سيحول المحلل دون مرور جميع فوتونات المسار الأيسر (التي أصبحت مستقطبة H عند الطابع)، ويسمح بمرور فوتونات المسار الأيسر. سيمثل نمط التداخل إلى حد بعيد شكله في المرحلة السابقة - الفارق أنه أشد عممة ولا ينتشر بعيدا نحو اليمين، لأنه الفلقة اليسرى وحدها من الضوء. لقد أتاح لك المحلل الحصول على المعلومات التي أعدها الطابع إنك تعرف أن جميع الفوتونات المرتبطة بالحاجز أتية من يسار السلك.



4

اختبار الفوتونات الأتية من اليمين

■ ضع المحلل في الاتجاه H

عندما سيحدث: سيحول المحلل الأفقي دون مرور جميع فوتونات الفلقة اليسرى من الضوء. ويسمح بمرور فوتونات الفلقة اليمنى وحدها. وكنت قادرا على قياس شدة الضوء (أو عدد الفوتونات) على الحاجز لوجدت أن الضوء في المرحلة (2) هو مجموع الضوء في المرحلتين (3) و (4) لاحظ اختفاء الأهداب في المرحلة (2) مع أنك لم تكن متحققا من استقطاب الفوتونات يكفي أنه كان من الممكن القيام بذلك كما في المرحلتين (3) و (4)



5

بحو معلومة المسار

■ أدر المستقطب 45 درجة باتجاه عقارب الساعة من الوضع V إلى اتجاه نسميه قاطريا (D)

عندما سيحدث: ستعود الأهداب إلى الظهور لماذا؟ لأن المستقطب قام بحو المعلومة عن الجانب الذي استعمله كل فوتون من الفوتونات إن لكل فوتون V مار من الجانب الأيسر حظا بنسبة 50% الآن في الوصول إلى الحاجز تماما مثلما يفعل كل فوتون H مار من الجانب الأيمن وبهذا تصبح جميع الفوتونات مستقطبة قاطريا ولم يعد من الممكن معرفة مسار الفوتون ومن جديد يسلك كل فوتون ظاهريا كلا المسارين في آن



6

المحجاة المضادة

■ أدر المستقطب 45 درجة باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة من الوضع V (قطري مضاد، أو "A")

عندما سيحدث: ستظهر من جديد الأهداب وينطبق كل شيء ورد ذكره في (5) على حالة المحجاة المستقطبة A ولكنك إن أنعمت النظر فسنتري أن الأهداب قد انحرفت قليلا في الحالتين فأهداب A المضوية هي حيث كانت أهداب D انظلمة. والعكس بالعكس. ولو أمكنك جمع الشدتين أو عدد الفوتونات للمحجأتين D و A لوجدت من جديد المرحلة (2) حيث لا تداخل



7

المحجأتان في آن واحد

■ اقطع أفقيا إلى نصفين مستقطبا D ومستقطبا A

■ صل النصف العلوي من D بالنصف السفلي من A

■ ضع المحلل الهجين في مكانه

عندما سيحدث: ستظهر أهداب D في النصف العلوي من الضوء، وأهداب A في النصف السفلي. يشبه الشكل الحاصل نوعا ما صف أسنان غير مترابطة، وبوضوح لنا تقابل الأهداب المضوية والمظلمة في المحجأتين



الخلاصة

ماذا كانت الفوتونات تفعل في كل مرحلة من هذه المراحل
■ يسر الفوتون في بعضها (3 و 4) من أحد جانبي السلك (لا تداخل) في حين يبدو في بعضها الآخر (1 و 5 و 6 و 7)

وكانه يمر من الجانبين في آن (منجا نمط التداخل)

■ يعتمد تفسيرنا لما فعلته الفوتونات عند السلك

على ما تعرضت له لاحقا في تجهيزات

التجريبية - محلل أو محجاة

أو مجرد حاجز

■ كشفت المرحلتان 6 و 7

أنه من الممكن محو

معلومة الطريق بوسائل

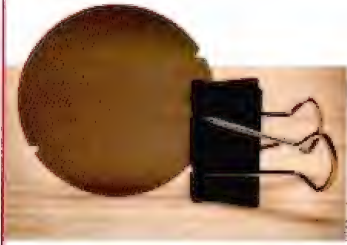
عديدة، مما ينتج صورة

التداخل الأصلية أو مقلوب

هذه الصورة



ماذا تفعل المستقطبات للفوتونات؟



ويمكن للضوء، أيضا أن يكون غير مستقطب، بمعنى أن للفوتونات المكونة للضوء استقطابات عشوائية. وفي هذه الحالة يمر نصف الفوتونات عبر المستقطب ويصبح استقطاب هذا النصف موازيا لمحور المستقطب.

يمكنك أن ترى كيفية عمل المستقطبات بوضع اثنين منهما معا، فترى بتدوير أحدهما متى يكون محاورهما متوازيين أو متعامدين أو يصنعان زاوية ما فيما بينهما فالصورة واضحة في الحالة الأولى، وتكاد لا ترى شيئا في الحالة الثانية، وترى إلى حد ما في الحالة الثالثة: ذلك أن الفوتونات التي تمر عبر المستقطب الأول أصبحت مستقطبة، وأصبح احتمال مرورها من المستقطب الثاني متوقفا على الزاوية بين استقطابها (الذي هو استقطاب المستقطب الأول) ومحور المستقطب الثاني يحدث تأثير مهم عند وضع مستقطب بين مستقطبين متعامدين (الأفضل في اتجاه 45 درجة بينهما) إن وضع المستقطب الثالث يسمح بمرور بعض الضوء، مع أنك قد تتوقع منه أن يكون عتبة أمام الضوء، (هل تستطيع تفسير ما يحدث؟ انظر الجواب على الموقع www.sciam.com) تعتمد تجربة المحاة الكمومية على مستقطب بزاوية 45 درجة في تغيير ما يفعله الضوء.

للغليظ المستقطب محور axis (نمثل اتجاهه في مخططاتنا بخطوط على الغليظ)، ويسمح المستقطب بمرور الضوء الذي توارى اهتزازاته اتجاه المحور يمكنك أن تتصور الضوء كموجة على حبل يمسك شخصان بطرفيه يمكن للموجة أن تجعل الحبل يتحرك صعودا وهبوطا أو من جانب إلى آخر أو بزاوية ما بين هذين الاتجاهين. إن زاوية الاهتزاز هي ما نسميه استقطاب الموجة.

يشبه الغليظ المستقطب حاجزا مؤلفا من قضبان متوازية يمر عبرها الحبل: فهي تسمح بمرور موجات مستقطبة بالتوازي معها دون عائق، في حين تعترض الموجات العمودية عليها كليا وتسمح للموجات بزوايا أخرى أن تمر ولكن بسعة اهتزاز أقل إن أهم شيء في الأمر هو أن الموجة (إن وجدت) النافذة عبر المستقطب مستقطبة استقطابا موازيا لمحور إرسال المستقطب.

إن الوصف الكمومي لما يحدث للضوء المار عبر الغليظ المستقطب يختلف بعض الشيء عما قلناه فالضوء، مكون من جزيئات فردية هي الفوتونات، وللفوتون كما للموجات اتجاه اهتزاز. يمر الفوتون عبر المستقطب كل مرة يصطدم فيها بمستقطب ذي محور إرسال مواز لمحور استقطاب الفوتون يحول المستقطب العمودي دون مرور الفوتون على الدوام، في حين تصل فرصة الفوتون للمرور إلى 50% عندما يكون محور الاستقطاب بزاوية 45 درجة (بتغيير الاحتمال بتغيير الزاوية) والأهم في الأمر أن استقطاب الفوتون بعد عبوره يصبح موازيا لمحور إرسال المستقطب.

رصدنا على هذا النحو.

لقد وصلنا الآن إلى المحاة الكمومية، إن المحاة هي شيء ما يستطيع محو المعلومة التي عينت مسار كل جزيء من الجزيئات، معيدة بذلك عدم التمييز بين الخيارين ومرجعة من ثم صورة التداخل. كيف يمكن للمحاة القيام بذلك؟ لنفكر أن «الومضة الضوئية» التي يبعثرها «الجزيء» مكونة من فوتون واحد. يعني كشف الفوتون عن معلومة الطريق الذي سلكه الجزيء، أنه من الممكن (من حيث المبدأ على الأقل) تحديد الشق الذي أتى الفوتون منه، يجب أن يكون بمقدورنا والحالة هذه قياس الموضع الذي تبعثر الفوتون منه بدقة كافية تتيح لنا التفريق بين الشقين. إلا أن مبدأ عدم التحديد لهايزنبرك يعلمنا أننا عندما نقوم، بدلا من قياس الموضع، بقياس الاندفاع^١ بدقة كبيرة فإن الموضع يصبح غير معروف بشكل جيد وهكذا فإن تمريرنا للفوتونات عبر عدسة يتيح معرفة اندفاعاتها لكنه يحو معلومة مواضعها، وعندما يحدث ذلك يصبح مسارا الجزيئات غير متميزين من جديد، وترجع صورة التداخل.

لقد أهملنا مسألة تفصيلية حساسة سنعود إليها لأننا نريد أن نتوقف هنا للتفكير بأمعان فيما يحدث في سيرورة المحو التي عرضناها للتو، ذلك أن الغرابة تكمن فيها تحديدا. إن كشف الموضع الذي تبعثر منه أحد الفوتونات يعلمنا عن الشق الذي عبر منه الجزيء المبعثر. وهذا يعني أن الجزيء قد مر عبر أحد الشقين وليس عبر الشقين معا، أما كشف عزم الفوتون فيعني استحالة معرفة الشق الذي مر منه الجزيء^٢ ثم إننا نستخلص عندما نقوم

بقياسات عديدة للعزم ونرى صورة التداخل أن الجزيئات مرت عبر الشقين (والأمن المستحيل حصول التداخل).

وبعبارة أخرى إن الجواب عن السؤال «هل مر الجزيء» عبر شق واحد أو عبر الشقين؟ يتوقف على ما سوف نفعله بالفوتونات المقابلة بعد مرور الجزيء. وهذا كما لو أن أفعالنا بالفوتونات في ما وقع من أحداث سابقة. ويمكننا أن نكتشف من أين مرّ الجزيء أو أن نشطب هذه المعلومة من سجل الكون.

والأغرب في هذا كله هو أننا نستطيع أن نقرر اختيار القياس الذي سنقوم به بعد مرور الجزيء عبر الشق - يمكن أن يكون في حوزتنا جهاز لقياس كلا الخيارين، يحوي مفتاحا يقرر بنا من طريقة إلى أخرى قبيل أن يصل الفوتون. ويسمى الفيزيائيون هذا التغيير تجربة الاختيار المؤجل، وهذه الفكرة التي اقترحها «A.J. ويلر» [من جامعة أوستر في تكساس] تعمم السيناريو الذي استعمله «نيلز بور» و«ألبرت أينشتاين» في نقاشهما عام 1935 عن الميكانيك الكمومي وطبيعة الواقع.

وهنا قد يتساءل بعض القراء عن مشكلة أساسية قد تقوض ما قمنا بشرحه للتو: لماذا لا نؤجل اختيار قياس الفوتون حتى نرى إذا كان هناك نمط تداخل؟ يمكننا في الواقع أن نرتب الأمور على هذا النحو بأن نضع الحاجز الثاني (الذي يظهر عليه نمط التداخل) قريبا من حاجز الشقين ونضع كاشف الفوتونات بعيدا كثيرا عنهما

(*) What polarizes do to photons

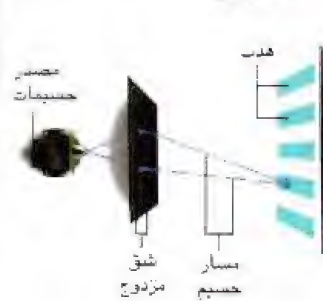
(١) Scatters

(٢) momentum أو كمية الحركة أو الزخم

كيف تعمل المحاة الكمومية⁽¹⁾

كيف يمكن أن يعتمد سلوك الجسيمات الكمومية على طبيعة المعلومات التي يمكن الحصول عليها. تزيل المحاة الكمومية بعض المعلومات، وبذلك تستعيد ظاهرة التداخل. ويمكن فهم عمل المحاة بسهولة أكثر بأن ندخل في اعتبارنا تجربة «الشق المزدوج» (في الأسفل).

إحداث تداخل كمومي⁽²⁾



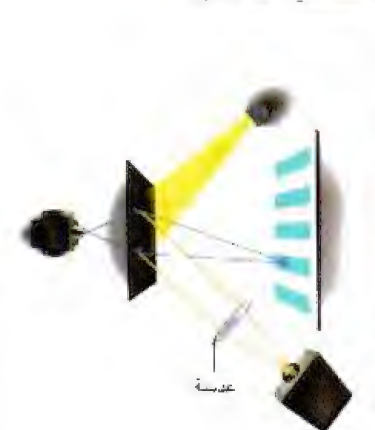
تولد الجسيمات المرسلّة عبر الشقين تَطَفًا (تسمى هُذْبًا) على شاشة الكاشف. عندما تصل أعداد هائلة من الجسيمات إلى بعض المناطق (باللون الأزرق) وأعداد قليلة جدًا إلى مناطق أخرى (باللون الأبيض). ونموذج التداخل هذا فقط ينتج إذا استطاع كل جسيم أن ينتقل خلال كلا الشقين لكي يصل إلى الحائل (الأسهم).

منع التداخل⁽³⁾



لن نظهر الهُذْب إذا تفاعلت الجسيمات مع شيء ما. يمكن بذلك استخدامه للتأكد من موقع كل جسيم عند الشقين. على سبيل المثال، قد تنشئ فوتون صوتي (الخط الأصفر) من الجسيم كاشفاً عن مروره من خلال الشق الأيمن لسنا في حاجة إلى اكتشاف الفوتون - كل ما يهم هو أن معلومة «أي شق» أساساً يمكن تحديدها من حيث المبدأ إذا ما تم اكتشافه.

محاة نستعيد التداخل⁽⁴⁾



نمحو المحاة الكمومية معلومة «أي شق»، إذا شئت، الجسيم فوتوناً، فإنه يمكن لعنسة أن تجعل من المستحيل التأكد من أي شق جاء الفوتون في هذه الحالة، يمر الجسيم المظاهر ظاهرياً من خلال كلا الشقين، كما حدث من قبل، ويمكن ملاحظة الهُذْب أغرب سمة لهذا المحو الكمومي هو تصرف الجسيم عند الشق، حيث يبدو أنه يعتمد على ما يواجهه الفوتون بعد أن يمر الجسيم عبر الشق (الشق).

ماذا سيحصل إذا ما رأينا الأهداب التي تكونها الجزيئات واخترنا عندئذ موضع الفوتونات الذي يمنع الأهداب من التشكل؟ ليس في هذا مفارقة⁽⁵⁾؟ لا يمكننا يقيناً أن نتوقع اختفاء التداخل الذي سجلناه! توحي محاكاة مشابهة أن في مقدورنا، باستعمال تأثير الاختيار المؤجل، نقل الرسائل أنياً أيّا كانت المسافات (بالاحتمال على سرعة الضوء).

إن المسألة التفصيلية الحساسة التي أهملناها سابقاً هي التي ستقننا الآن: إن رؤية تداخل الجزيئات بعد تطبيق المحاة الكمومية تتطلب في البداية تقسيم الجزيئات إلى زمريتين ومراقبة كل واحدة على حدة. ستظهر الزمرة الأولى صورة الأهداب الأصلية، في حين تظهر الثانية مقلوب الصورة الأولى، حيث تحط الجزيئات في مناطق الصورة الأولى المظلمة وتتجنب مناطق الأهداب المضيئة. إن تضام الزمريتين معاً يملأ جميع الفجوات ومن ثم يخفي التداخل.

وتزول المفارقة لأننا نحتاج إلى بيانات من قياس الفوتونات لتحديد الزمرة التي ينتمي إليها الجزيء. وهكذا فلن نستطيع ملاحظة الأهداب إلا بعد قيامنا بقياس الفوتونات، وهو السبيل الوحيد لمعرفة كيفية توزع الجزيئات بين الزمريتين. لقد جرى تقسيم الجزيئات إلى زمريتين في التجربة المنزلية بشكل ألي، لأن المرشحة المستقطبة قد أوقفت إحدى الزمريتين. ولذلك فلن ترى إلا شكل تداخل الجزيئات التي مرت من خلال المستقطب، ويمكنك أن ترى في المرحلة الأخيرة نمطي تداخل الزمريتين جنباً إلى جنب.

من الناحية العملية، قد يكون عدم قدرتنا على بث الرسائل بسرعة أكبر من سرعة الضوء مخيباً للآمل، لكن الفيزيائيين وعلماء المنطق يعتبرون ذلك سمة جيدة جداً.

How a Quantum Eraser Works (1)
creating quantum interference (2)
eraser restores interference (3)
preventing interference (4)
paradox (5)

المؤلفان

Rachel Hillmer - Paul Kwiat

كلاهما في جامعة إلينوي «هيلمر» طالبة في مختبر «كويات» و«كويات» يشغل كرسي باردين للفيزياء. وتشمل أبحاثه ظواهر الاستنفاد الكمومي والمحو الكمومي والتطبيقات البصرية لبروتوكولات المعلومات الكمومية والدراسات غير الكمومية وتفهم «هيلمر» بالمحث في طرق جديدة لتكوير المعلومات الكمومية في الضوء.

مناقشات أكثر حول المحاة الكمومية، ارجع إلى الموقع
www.sciam.com/ontheweb، حيث يمكنك أن تجد:

- قائمة تجارب تداخل الحافة القاطعة والمحاة الكمومية التي أجريت حديثاً.
- مناقشة قصيرة حول دور المحاة الكمومية في كيفية انشاق العالم العادي المعروف لنا من الواقع الضمني الكمومي الغريب.
- معلومات إضافية حول تجارب الاختيار المؤجل واستحالة الرسائل الأسرع من الضوء.
- بعض تجارب تتعلق بالموضوع ويمكنك إجراؤها في المنزل.

Scientific American, May 2007

الپلازمونيات ميدانٌ علميٌّ واعدٌ^(١)

تقانةٌ تضغط الموجات الكهرمغناطيسية في بنى دقيقة
قد تفضي إلى ظهور جيلٍ جديدٍ من الشبكات الحاسوبية
الفائقة السرعة والكاشفات الجزيئية الفائقة الحساسية.

«H» أنورتر»

الضوء وسط ممتاز لنقل المعلومات.

الضوئية إلى واجهة الترابط بين معدن وعازل (مادة غير موصلة، كالهواء أو الزجاج) يمكن أن يحرّض تائراً طنينياً بين الموجات والإلكترونات المتحركة على سطح المعدن إذا توفرت الظروف الملائمة (في حالة استعمال معدن موصل، لا تكون الإلكترونات شديدة الارتباط بالذرات أو الجزيئات المنفردة) وبعبارة أخرى، فإن ذبذبات الإلكترونات عند السطح تطابق ذبذبات الحقل الكهرمغناطيسي خارج المعدن. وينجم عن ذلك تولّد **پلازموونات سطحية** (surface plasmons)، وهي موجات كثافة الإلكترونات المنتشرة على امتداد الواجهة (السطح البيني) بما يشبه التموجات الدائرية المتتابعة التي تنتشر على سطح ماء بركة عند رمي حجر فيها.

وعلى مدى العقد الماضي، وجد الباحثون أن بإمكانهم، عن طريق تصميم **واجهة المعدن العازل** metal-dielectric interface تصميمات إبداعية، توليد پلازموونات سطحية لها تردد الموجات الكهرمغناطيسية الخارجية نفسها، ولكن بطول موجي أقصر بكثير. وتتيح هذه الظاهرة انتقال **الپلازموونات** على أسلاك نانوية القياس تسمى **الوصلات البينية** interconnects، حاملة المعلومات من جزء من المعالج الميكروي إلى جزء آخر منه. وقد تمثّل الوصلات البينية **الپلازموونية** نعمة كبرى لمصممي الشبكات، الذين صاروا قادرين على صنع ترانزستورات أصغر حجماً وأسرع أداءً من أي وقت مضى. غير أنهم يعانون الآن صعوبة أكبر في إنشاء دوائر إلكترونية دقيقة تستطيع نقل البيانات بسرعة عبر الشبكية.

وفي عام 2000 أطلق فريق العمل الذي انتمى إليه في معهد كاليفورنيا للتقانة اسم «**الپلازمونيات**» plasmonics على هذا الميدان العلمي الناشئ، مدركاً أن البحث في هذا المضمار قد يؤدي إلى ظهور صنف غير مسبوق من التجهيزات وربما غداً يمكننا في آخر المطاف استعمال المكونات **الپلازموونية** في مجالات واسعة من الأدوات. بهدف تحسين قدرة **الميزر** resolution في الميكروسكوبات (المجاهر) العلمية، وتعزيز فاعلية **الدايودات الباعثة للضوء** (LED) light-emitting diodes وأحساسية أجهزة الكشف الكيميائية.

Overview: Plasmonics (١٠٠)

THE PROMISE OF PLASMONICS (١٠١)

١٠ درجة الوضوح

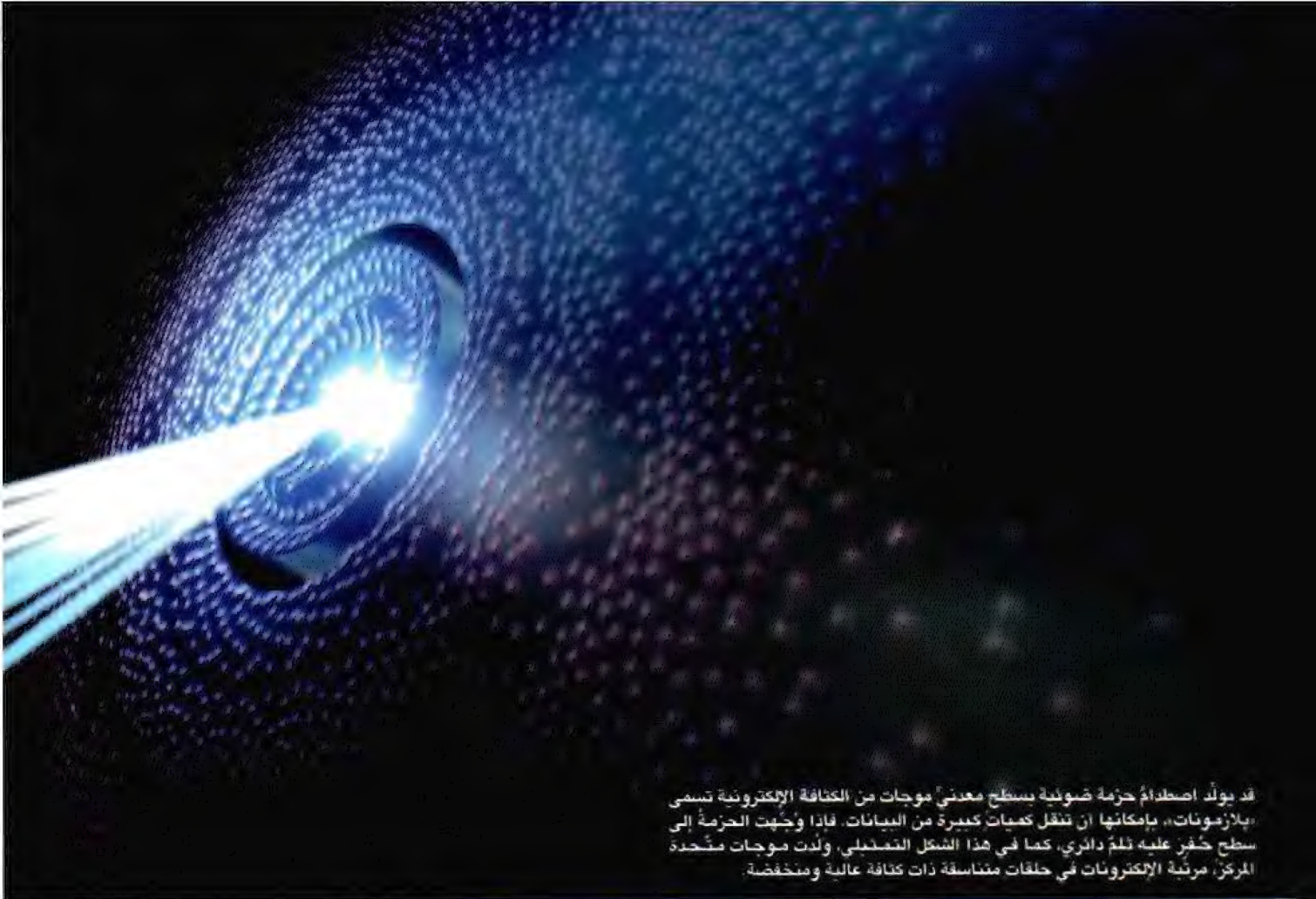
٢٠ light-emitting diodes عناصر شبه موصلة (نصف ناقلة)، تحول الطاقة الكهربائية إلى ضوء (التحرير)

بات استعمال الألياف الضوئية واسع الانتشار في جميع أنحاء العالم؛ فهي تتميز بالقدرة على توجيه الإشارات الضوئية التي تحمل دقات ضخمة من الاتصالات الصوتية، وكما هاتلاً من البيانات. وقد حملت هذه القدرة الكبيرة نفراً من الباحثين على التنبؤ بأن التجهيزات **الفوتونية** - التي تنقل الضوء المرئي والموجات الكهرمغناطيسية الأخرى وتعالجها - قد تحلّ في يوم ما، محلّ الدارات الإلكترونية في المعالجات الميكروية (الصغيرة) وغيرها من الشبكات الحاسوبية. ومن المؤسف أن يكون حجم التجهيزات **الفوتونية** وأداؤها مقيدتين بحُدّ انعراج الضوء، إذ يتعيّن، بسبب التداخل بين الموجات الضوئية المتقاربة، ألا يقلّ عرض الليف الضوئي الحامل لها عن نصف طول موجة الضوء داخل المادة. وفي حالة الإشارات الضوئية المعتمدة على الشبكات والتي غالباً ما تستعمل أطوالاً موجية قريبة من تحت الحمراء تناهز 15 000 نانومتر (أجزاء البليون من المتر)، فإن العرض في حُدّه الأدنى أكبر بكثير من أصغر التجهيزات الإلكترونية المستعملة حالياً. وعلى سبيل المثال فإن بعض الترانزستورات في الدارات المتكاملة السيليكونية تستعمل مقوّمات بقياس أصغر من 100 نانومتر.

على أن العلماء، يعكفون، منذ عهد قريب، على دراسة جدوى تقنية جديدة لبثّ الإشارات الضوئية عبر بنى دقيقة نانوية القياس. فقد أكّدت تجارب الباحثين في ثمانينات القرن الماضي، أن توجيه الموجات

نظرة إجمالية/ الپلازمونيات^(٢)

- اكتشف الباحثون أن بإمكانهم ضغط الإشارات الضوئية في أسلاك دقيقة باستعمال الضوء، لتوليد موجات كثافة إلكترونية تسمى «پلازموونات» plasmons.
- ربما تساعد الدارات **الپلازموونية** مصممي الشبكات الحاسوبية على صنع وصلات بينية قادرة على نقل مقادير كبيرة من البيانات عبر شبكية. كذلك قد تحسّن المكونات **الپلازموونية** قدرة **الميزر** في المعالجات الميكروية (الصغيرة)، وفاعلية **الدايودات الباعثة للضوء**، وحساسية أجهزة الكشف الكيميائي والبيولوجي (الحيوي).
- لقد ذهب بعض الباحثين حتى إلى الاعتقاد بقدرة المواد **الپلازموونية** على تغيير طبيعة الحقل الكهرمغناطيسي المحيط بجسم ما إلى درجة تجعل هذا الجسم غير مرئي.



قد يولد اصطدام حزمة ضوئية بسطح معدني موجات من الكثافة الإلكترونية تسمى «پلازمونات»، بإمكانها أن تنقل كميات كبيرة من البيانات فإذا وُجِدت الحزمة إلى سطح خُفِرَ عليه ثَلَمٌ دائري، كما في هذا الشكل التمثيلي. ولدت موجات متحدة المركز، مرتبة الإلكترونات في حلقات متناسقة ذات كثافة عالية ومنخفضة.

الموجية القصيرة نسبيا من الطيف المرئي، وتُغَيَّرُهُ، ويضفي التبعثرُ البلازموني إلى القدر ظلالا لونية ضاربة للخضرة لدى النظر إليها في ضوء منعكس، غير أن الزجاج يبدو أحمر اللون إذا وُضِعَ منبعٌ ضوئي أبيض داخل القدر، لأنه لا يَبْثُ في هذه الحالة سوى الأطوال الموجية الطويلة، ويمتصُّ الأطوال الموجية القصيرة.

وقد بدأ البحثُ الجدي في مضممار البلازمونات السطحية في ثمانينات القرن الماضي، عندما درس الكيميائيون chemist هذه الظاهرة باستعمال طيفيات رامان spectroscopy Raman التي تتضمن رصدَ تبعثر الضوء الليزري عن عينة بغية تحديد بنيتها من الاهتزازات الجزيئية، وفي عام 1989 وجد «T. إيبيسن» [من معهد أبحاث شركة نيبون اليابانية]، عندما أضاءَ فيلما film ذهبيا يحمل ملايين الثقوب الميكروسكوبية (المجهرية)، أن هذا الفيلم قد أنفذ كمية من الضوء أكبر مما يُتَوَقَّعُ من عدد الثقوب وقياساتها وبعد تسع سنوات خلص «إيبيسن» وزملاؤه إلى أن البلازمونات السطحية الموجودة على الفيلم كانت تزيد من شدة نقل الطاقة الكهرومغناطيسية. وقد شهدَ مبحثُ البلازمونات جانبا آخر من التقدم باكتشاف مواد مرفعة metamaterials قد تتكشف ذبذباتُ الإلكترونات فيها عن خواصَّ ضوئية مذهلة [انظر: «البحث من أجل صنع عدسة فائقة»، العلوم، العددان 3/2 (2007)، ص 60]. يضاف إلى ذلك صنفان

والبيولوجية ويُذكر أن العلماء يدرسون أيضا بعض التطبيقات الطبية، وذلك بتصميم جُسَيْمات دقيقة يمكنها استعمال ما يسمى خاصية الامتصاص الرنيني البلازموني plasmon resonance absorption للقضاء على السُّجج السرطانية مثلا: بل إن بعض الباحثين يفترض نظريا أن بإمكان مواد بلازمونية معينة تغيير طبيعة الحقل الكهرومغناطيسي المحيط بجسم ما، إلى درجة ربما تجعل هذا الجسم غير مرئي، ومع أن هذه التطبيقات المحتملة قد لا تكون جميعها قابلة للتطبيق عمليا، يُقْبَلُ العلماء على دراسة مبحث البلازمونات بشغف، لأنهم يرون أن هذا الميدان العلمي الجديد يؤذن بفتح آفاق من شأنها أن تسلط الضوء على الجوانب الغامضة من العالم النانوي.

أطوال موجية متقلصة

منذ آلاف السنين كان الكيميائيون alchemists وصانعو الزجاج يستفيدون، من غير قصد، من الآثار البلازمونية في صناعة زجاج النوافذ الملون والأقداح الملوثة التي تحتوي على جُسَيْمات معدنية في الزجاج، ولعلَّ أبرز مثال على ذلك قدح لاكرس Iycurgus cup، وهو قدحٌ روماني يعود إلى القرن الرابع الميلادي، وهو حاليا من مقتنيات المتحف البريطاني [انظر الشكل في الصفحة 75]. فعندما تحدث إثارة بلازمونية للإلكترونات في الجسيمات المعدنية العالقة ضمن قالب الزجاجي، يمتصُّ القدر الضوء الأزرق والأخضر، الذي يمثل الأطوال

Shrinking Wavelengths

١١ المنسوب إلى لاكرس، وهو متروك ومصطلح إيسارطي في القرن التاسع قبل الميلاد. يُعتقد أنه واضع دستور أسبارة القديمة ونظامها العسكري (التحرير)

إقحام الضوء في أسلاك دقيقة¹²

إن مبحث البلازمونات ميدانٌ جديدٌ نسبياً، غير أن الباحثين طوّروا تجهيزات أولية تظهر المستقبل الواعد لهذه التقنية.

دليل موجيٍّ مستوٍ (ذو بُعدين) PLANAR WAVEGUIDE

تندفق البلازمونات دائماً على امتداد الحدّ الفاصل بين معدن وعازل (مادة غير موصلة كالهواء أو الزجاج). يلاحظ مثلاً أن تسليط الضوء على تلم مستقيم في معدن يولد بلازمونات تنتشر في المستوي الرقيق عند سطح المعدن (الحدّ الفاصل بين المعدن والهواء). بإمكان البلازمون أن ينتقل مسافة قد تصل إلى عدة سنتيمترات ضمن هذا الدليل الموجي المستوي - وهي مسافة كافية لنقل إشارة من جزء من شريحة إلى جزء آخر منها - لكن الموجة الكبيرة نسبياً تتداخل مع إشارات أخرى في الأجزاء الداخلية النانوية القياس من المعالج.

كثافة منخفضة
للبلازمونات

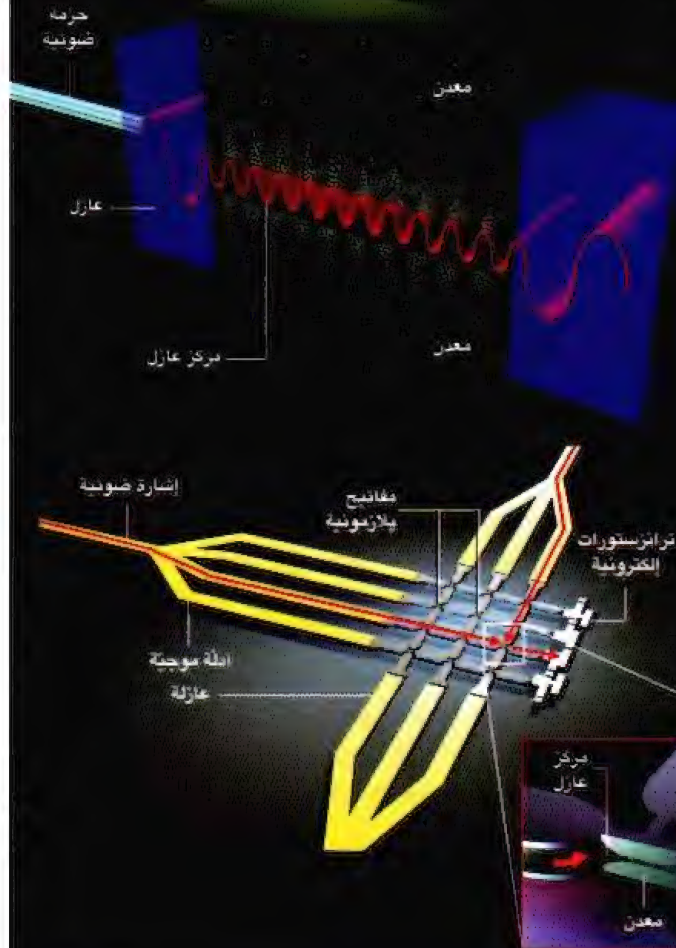
كثافة عالية
للبلازمونات

دليل موجيٍّ بلازموني شقيّ PLASMON SLOT WAVEGUIDE

صنع العلماء دارات بلازمونية أصغر بكثير، وذلك بوضع العازل في المركز وإحاطته بالمعدن. يضغط الدليل الموجي الشقي البلازموني الإشارة الضوئية مقلصاً طولها الموجي بعامل 10 أو أكثر. ونعتقد الباحثون من إنشاء أدلة موجية شقية بعرض لا يتجاوز 50 نانومتراً - أي بقياس أصغر الدارات الإلكترونية. تستطيع البنية البلازمونية حمل كم من البيانات أكثر بكثير مما يحمله سلك إلكتروني. غير أنها لا تستطيع نقل إشارة مسافة تزيد على 100 ميكرون.

شريحة أسرع A FASTER CHIP

بإمكان الأدلة الموجية الشقية slot wave guide أن تزيد سرعة الشبكات الحاسوبية زيادة ملحوظة عن طريق توجيه مفادير كثيرة من البيانات إلى الدارات، التي تنفذ العمليات المنطقية. في الشكل المجاور إلى اليسار تقوم أدلة موجية عازلة كبيرة نسبياً بتوصيل الإشارات الضوئية إلى مصفوفة من المفاتيح البلازمونية التي توزع بدورها الإشارات إلى الترانزستورات الإلكترونية. تتألف المفاتيح البلازمونية من أدلة موجية شقية يصل قطرها إلى 100 نانومتر عند عرض نقاطها، ولا يتجاوز 20 نانومتراً عند نقاط التقاطع (الصورة الجزيئية المكبرة).

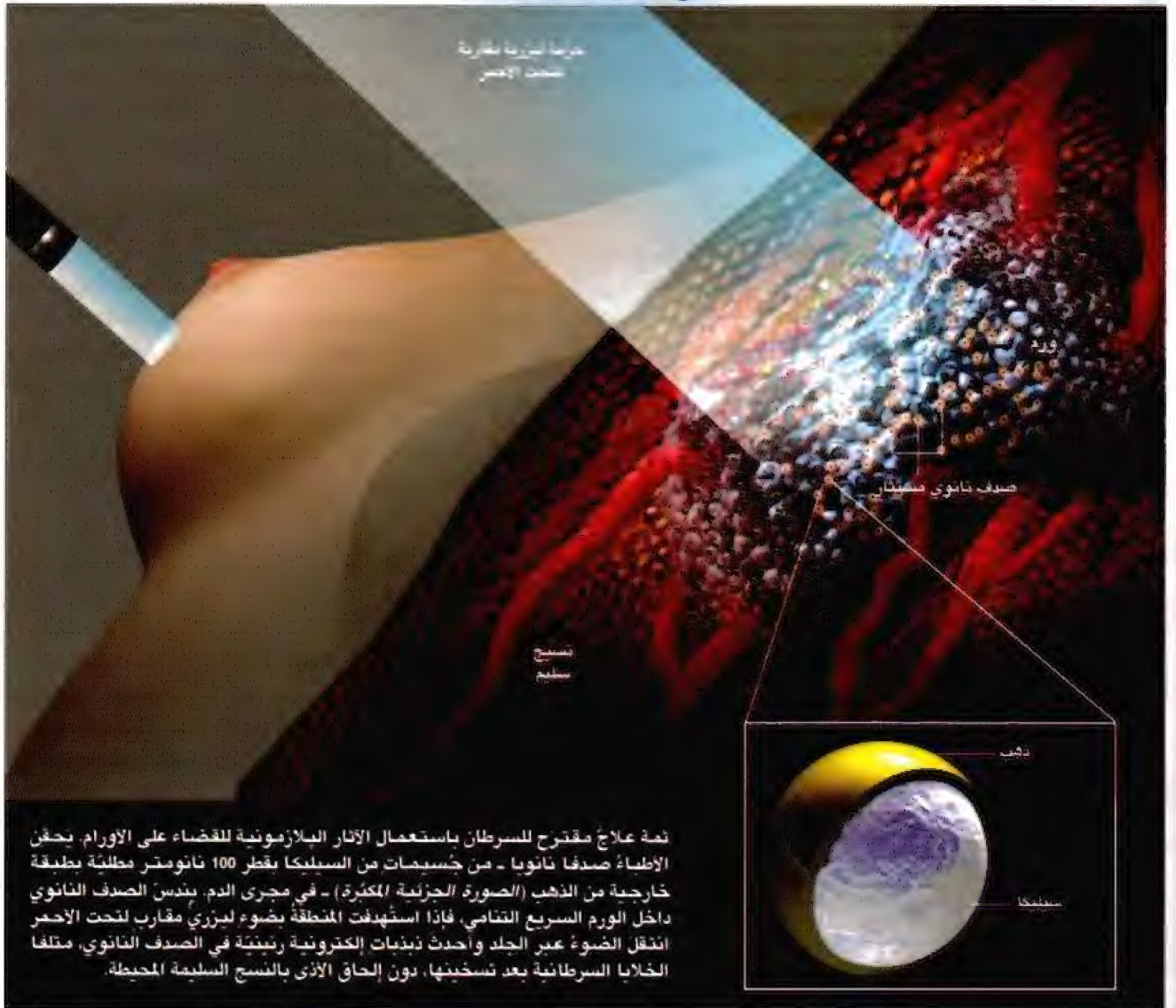


وقد يبدو لأول وهلة أن استعمال البنى المعدنية لبثّ الإشارات الضوئية غير عملي، لأن المعادن معروفة بارتفاع نسبة فقدانها الضوئي، إذ إن الإلكترونات المتذبذبة في المجال الكهرومغناطيسي تصطدم بشبكة الذرات المحيطة، وسرعان ما تبدّد طاقة ذلك المجال غير أن نسب الفقد البلازموني تكون أدنى عند الحدّ الفاصل بين

Funneling Light into Tiny Wires (٢٠)

جديدان من الأدوات أسهما أيضاً في إحراز تقدّم متسارع في مجال البلازمونيات؛ فقد أتاح تنامي القدرة الحاسوبية حديثاً للباحثين إجراء عمليات محاكاة صحيحة للحقول الكهرومغناطيسية المعقّدة المتولّدة بفعل تأثيرات بلازمونية؛ كما مكّن ظهور طرائق جديدة لإنشاء بُنى نانوية القياس من صنع واختبار تجهيزات ودارات بلازمونية غاية في الصغر.

علاج السرطان بلازمونيا



من الطاقة الكهرومغناطيسية بعيدا عن الغشاء المعدني الدليل، إلى داخل العازل المحيط، وبذلك تنخفض نسبة الفقد ويسبب تأثر الحقول الكهرومغناطيسية عند السطحين العلوي والسفلي للغشاء المعدني. فإن بالإمكان تعديل ترددات البلازمونات وأطوالها الموجية بتغيير سمك الغشاء نفسه ويجدر بالذكر أنه في عقد التسعينات من القرن الماضي استحدثت مجموعات بحث يرأسها «S بوريفولني» [من جامعة ألبريك في الدنمارك] و «P بيريني» [من جامعة أوتاوا] مكونات بلازمونية مستوية ذات قدرة على أداء كثير من الوظائف (من قبيل شطر الموجات الموجية) التي تؤديها عادة تجهيزات مصنوعة جميعها من مواد عازلة فقط. وربما تثبت هذه البنى فاعليتها في نقل البيانات من جزء من شريحة إلى جزء آخر منها، غير أن الحقول الكهرومغناطيسية اللازمة للبلازمونات أوسع بكثير من أن تنقل إشارات عبر الأجزاء الداخلية النانوية القياس من المعالج

ولتوليد بلازمونات قادرة على الانتشار عبر أسلاك نانوية

Plasmonic Therapy for Cancer (٤٠)

فيلم معدني رقيق وعازل أدنى منها في داخل جملة معدنية، لأن المجال الكهرومغناطيسي ينتشر في داخل المادة غير الموصلة، حيث لا وجود للإلكترونات حرة متذبذبة. ومن ثم لا وجود لتصادمات تُبدد الطاقة ومن شأن هذه الخاصية بطبيعتها أن تحصر البلازمونات على السطح المعدني المتاحم للعازل. ففي بنية تشطيرية sandwich تحتوي على عازل وطبقات معدنية مثلاً، لا تنتشر البلازمونات السطحية إلا في السطح الرقيق عند الواجهة البينية حصراً [انظر الشكل العلوي من المؤخر في الصفحة المقابلة]

ولما كانت هذه البنى البلازمونية المستوية بمثابة أدلة موجية waveguides توجه الموجات الكهرومغناطيسية على امتداد الحد الفاصل بين المعدن والعازل، فإنها قد تكون مفيدة في نقل إشارات على شريحة ومع أن الإشارة الضوئية تتكدس نسبة فقد أعلى في معدن منها في عازل كالزجاج، فقد ينتقل البلازمون في دليل موجي رقيق الغشاء مسافة ستنمترات قبل أن يخف في عكس رفع طول الانتشار إلى حده الأعظمي إذا ما اتخذ الدليل الموجي نمطا لانتظريا يدفع جزءا كبيرا

تنتشر البلازمونات بما يشبه التموجات الدائرية المتلاحقة التي تتوسّع على سطح بركة عند رمي حجر في الماء.

والعازل). ومن شأن هذه القدرة اللافتة على تقليص الطول الموجي أن تفتح الطريق أمام البنى البلازمونية النانوية القياس، التي يمكنها أن تحلّ فقط محلّ الدارات الإلكترونية المحتوية في مكوناتها على أسلاك وترانزستورات

وكما أن الطباعة الحجرية تُستعمل حالياً في طبع نماذج الدارات على الشيبات السيليكونية، فإن من الممكن بعملية مشابهة إنتاج تجهيزات بلازمونية دقيقة على نطاق واسع، تتميز بأنساق من الخطوط والفجوات العازلة الضيقة التي توجّه الموجات ذات الشحنتين الموجبة والسالبة على سطح المعدن، علماً بأن كثافات الشحنة المتناوبة تكون

شبيهة جداً بالتيار المتناوب المارّ في سلك عادي. ولكن لما كان تردّد الإشارة الضوئية أعلى بكثير من تردّد الإشارة الكهربائية - جيغاهرتز أو يزيد مقابل 60 هرتز - فإن الدارة البلازمونية تستطيع حمل كم أكبر بكثير من البيانات، كذلك، وبسبب أن الشحنة الكهربائية لا تنتقل من طرف دارة بلازمونية إلى طرف آخر منها - إذ تتجمّع الإلكترونات وتتوزّع كلاً على حدة بدلاً من أن تتدفق في اتجاه واحد - فإن التجهيزة ليست خاضعة لتأثيرات المقاومة resistance والمواصلة capacitance، التي تحدّ من قدرة الدارات المتكاملة المزوّدة بوصلات بينية كهربائية على نقل البيانات.

وقد تكون الدارات البلازمونية أكبر سرعة وأجدي فعّالاً استطاع الباحثون استنباط مفتاح «بلازموني» - وهو تجهيزة بلازمونية ثلاثية الأطراف ذات خصائص شبيهة بالترانزستور. وفي الأونة الأخيرة، طوّرت المجموعة المختبرية التي تعمل معها في كاليفورنيا وغيرها من مجموعات البحث، إلى عهد قريب، نماذج منخفضة القدرة من هذا المفتاح. فإذا نجح العلماء في إنتاج مفاتيح بلازمونية أعلى أداءً، فربما شكّل ذلك أساساً لمنظومة فائقة السرعة لمعالجة الإشارات تكون بمنزلة فتح مبین في مضمار الحوسبة في غضون 10 إلى 20 سنة من الآن.

صدف نانوي واقعة تخفّ

على أن الاستعمالات المحتملة للتجهيزات البلازمونية لا تقتصر على مجال الحاسوب، بل تتجاوزه كثيراً. فقد استحدثت «N» هالاس، و «P» نورلندر [من جامعة رايس] بنى سُمّيت صدف نانوي nanoshells، تتألف من طبقة رقيقة من الذهب - بسُمك نحو 10 نانومترات عادة - رُسّبت حول كامل سطح جسيم من السيليكا يقارب قطره 100 نانومتر. وعند تعريضه للموجات الكهرومغناطيسية تتولّد ذبذبات إلكترونية داخل الصّفقة shell الذهبية. وبسبب التآثر الاقتراني coupling interaction بين الحقول على السطحين الداخلي والخارجي للصّفقة، فإن تغيير حجم الجسيم وسُمك الطبقة الذهبية يحدث بدوره تبدّلاً في الطول الموجي الذي يمتصّ عنده الجسيم الطاقة محدثاً طيناً. وبهذه الطريقة يتمكن الباحثون من تصميم صدف نانوي

القياس، تحرّى الباحثون أنماطاً هندسية أكثر تعقيداً للأدلة الموجية. بإمكانها تقليص الطول الموجي للإشارة عن طريق إحصائها في حيز ضيق. ففي أواخر تسعينات القرن الماضي انطلقت المجموعة المختبرية التي تعمل فيها شخصياً، على التوازي مع فريق بحث يرأسه «A. كرين» [من جامعة كراز النمساوية] في مسعى لتوليد هذه الأدلة الموجية دون الطول الموجي «ذات البلازمونات السطحية» وقد تمكّن «S. ماير» [عندما كان يعمل معي في مختبرات كالك] من إنشاء بنية تتألف من سلاسل خطية نقطية من الذهب لا يتعدّى قطر كلّ منها 100 نانومتر. إذ أحدثت حزمة مرئية يبلغ طولها

الموجي 570 نانومتراً ذبذبات طينية في النقاط، مولّدة بلازمونات سطحية انتقلت على طول السلاسل واقتصرت على مسار مسطح لا يتجاوز ارتفاعه 75 نانومتراً. كذلك توصلت مجموعة جامعة كراز إلى نتائج مشابهة، وصوّرت أنماط البلازمونات المنقطة على امتداد السلاسل على أن معدّلات فقد الأسلاك النانوية الناجمة عن الامتصاص كانت عالية نسبياً، فستبيّن ذلك في اختفاء الإشارة بعد انتقالها مسافة تراوح بين عدة مئات النانومترات وبضعة ميكرونات (أجزاء المليون من المتر) وهكذا ثبت أن الأدلة الموجية لا تصلح إلا للتوصيلات البينية ذات المدى القصير جداً.

ومن حسن الحظ أن بالإمكان تخفيض معدّلات الفقد الناجمة عن الامتصاص إلى حدودها الدنيا عن طريق قلب وضع الأدلة الموجية البلازمونية، بحيث يوضع العازل في المركز محاطاً بالمعدن [انظر الشكل الأوسط من المؤرّ في الصفحة 72]، يلاحظ في هذه التجهيزة - التي تسمى الدليل الموجي الشقي البلازموني plasmon slot waveguide - أن تعديل سُمك المركز العازل يغيّر من الطول الموجي للبلازمونات. وقد برهن المختبر الذي يعمل فيه [في كاليفورنيا] وكذلك مجموعة «M. برونكرز» [التابعة لجامعة ستانفورد]، على أن الأدلة الموجية الشقية البلازمونية قادرة على نقل إشارة ما مسافة قد تبلغ عشرات الميكرونات، ويذكر في هذا السياق أن «H. ميازاكي» [من المعهد الوطني لعلم المواد في اليابان] قد أحرز نتيجة باهرة عندما نجح في إحصاء ضوء أحمر (ذي طول موجي يبلغ 651 نانومتراً في الفضاء الحر) ضمن دليل موجي شقي بلازموني لا يتجاوز سُمكه 3 نانومترات وعرضه 55 نانومتراً. ووجد الباحثون أن طول موجة البلازمون السطحي المنتشر في أنحاء التجهيزة بلغ 51 نانومتراً، أو نحو 8 في المئة من طول موجة الفضاء الحر.

ومن ثم صار بإمكان ميدان البلازمونيات توليد إشارات في مجال الأطوال الموجية الخاصة بالأشعة السينية الضعيفة النفاذية (الواقعة بين 10 و 100 نانومتراً)، وذلك بإثارة المواد باستعمال الضوء المرئي. ويمكن هنا تخفيض طول الموجة بما يزيد على عامل 10 بالنسبة إلى قيمته في الفضاء الحر، مع بقاء تردّد الإشارة كما هو. (تبقى العلاقة الأساسية بين القيمتين - التردّد مضروباً في طول الموجة يساوي سرعة الضوء - مصونة لأن الموجات الكهرومغناطيسية تتباطأ في أثناء تحرّكها على طول الحدّ الفاصل بين المعدن

لكي يمتص، بصورة انتقائية، أطوالاً موجية قصيرة جداً لا تتجاوز بضع مئات النانومترات (النهاية الزرقاء اللطيف المرني) أو طويلة تقارب 10 ميكرونات (اللون القريب من تحت الأحمر)

وقد حوّلت هذه الظاهرة الصدف النانوي إلى وسيلة واحدة لعلاج السرطان: ففي عام 2004 قامت «هالاس»، بالتعاون مع زميلتها «د. ويست» [من جامعة رايس أيضاً]. بحقن صدف نانوي بلازموني في مجرى الدم لفئران مصابة بأورام سرطانية، ووجدت أن الجسيمات غير سامة، بل إن الصدف النانوي كان ينزّع إلى الاندساس في نسيج الفئران السرطانية، لا في نسيجها السليمة. بسبب تدفق مزيد من الدماء في النواحي الوعائية السريعة التنامي (وقد يُربط الصدف النانوي أيضاً بالأضداد (الأجسام المضادة) antibodies للتحبّب من أنها تستهدف المواضع المصابة).

ومن دواعي السرور أن النسيج البشرية والحيوانية تكون شفافة للإشعاع عند أطوال موجية تحت حمراء معينة فعندما وُجّه ضوء ليزري قريب من تحت الأحمر عبر جلد الفئران إلى الأورام مباشرة، لوحظ أن الامتصاص الطيني للطاقة في الصدف النانوي المدسوس

قد رفع درجة حرارة النسيج السرطانية من

نحو 37 درجة مئوية إلى نحو 45 درجة مئوية

وفي حين قُتلَ التسخين الحراري -

الضوئي الخلايا السرطانية، بقي النسيج

السليم المحيط دون أن يُمسّ بأذى وفي حين

اختفت الأعراض السرطانية تماماً في الفئران

التي عولجت بالصدف النانوي في غضون

عشرة أيام، استمرت الأورام بالتنامي السريع

في مجموعات المراقبة. هذا ويسعى حالياً

مختبر العلوم البيولوجية الطيفية النانوية

[ومقره هيوستن] إلى الحصول على إذن من

إدارة الأغذية والعقاقير لإجراء اختبارات

سريرية على المداواة بالصدف النانوي

لرؤى يعانون سرطانات في الرأس والعنق.

كذلك قد تُحرّث المواد البلازمونية تغييراً

جذرياً في صناعة الإنارة، وذلك بجعل

الدايودات الباعثة للضوء ساطعة بدرجة تضاهي

المصابيح المتوهجة. ومنذ ثمانينات القرن

الماضي. أدرك الباحثون أن الأثر البلازموني

اللافت للمجال الضوئي عند الحدود الفاصلة

بين المعدن والعازل يمكن أن يزيد من معدل

إصدار الأصبغة الالامعة الموضوعة قريباً من

سطح المعدن. وصار من الواضح، إلى عهد

قريب. أن هذا النوع من التعزيز المجالي يمكنه

أن يرفع إلى حد بعيد معدلات إصدار النقاط

الكمومية quantum dots والمنابع الكمومية

quantum wells، وهي بنى شبه موصلة صغيرة

جدا تَمْتَصُّ الضوء وتُطْلِقُه - وبذلك يزيد من

فعالية الدايودات الضوئية الصلبة وفي

عام 2004 برهن زميلي في مختبرات كالتيك

«شيرر» بمشاركة زملاء من شركة نيكيا

اليابانية. أن طلي سطح دايود باعث للضوء من تيريد الكاليوم بطبقات كثيفة من جسيمات نانوية بلازمونية (مصنوعة من الفضة أو الذهب أو الألمنيوم) قد يزيد من شدة الضوء المنبعث 14 ضعفاً.

ثم إن الجسيمات النانوية البلازمونية قد تمكّن الباحثين من

صنع دايودات ضوئية من السيليكون، ومثل هذه الأدوات أرخص

تكلفة بكثير من الدايودات الضوئية التقليدية المصنوعة من تيريد

الكاليوم أو زرنيخيد الكاليوم، ومع ذلك فهي مستبعدة حالياً بسبب

انخفاض معدلات إصدارها الضوئي وقد أثبتت مجموعة العمل

التي انتمى إليها في كالتيك، بالتعاون مع فريق آخر يرأسه

«أ. مولان» [من معهد FOM للفيزياء الذرية والجزيئية في هولندا]

أن اقتران بنى نانوية بلازمونية مصنوعة من الفضة أو الذهب

بمعصفوفات كمومية نقطية مصنوعة من السيليكون قد يضاعف

إصدارها الضوئي 10 مرات يضاف إلى ذلك إمكان توليف تردد

الإصدارات المعززة عن طريق تعديل أبعاد الجسيمات النانوية

وتشير حساباتنا إلى أن التوليف الدقيق لتردد الطنين البلازموني.

والتحكم المتقن في الفصل بين الجسيمات المعدنية والمواد شبه

الموصلة. ربما مكّننا من رفع المعدلات

الإشعاعية بما يزيد على 100 ضعف، وبذلك

تصير الدايودات الضوئية السيليكونية قادرة

على الإضاءة بدرجة من التآلق تضاهي

المصابيح التقليدية

حتى إن العلماء منصرفون حالياً إلى اقتداء

نظير بلازموني للليزر فقد أعطى كل من

«أ. ستوكمان» [من جامعة ولاية جورجيا]

و«د. بيركمان» [من جامعة تل أبيب] توصيفاً

لفيزياء مثل هذه التجهيزات التي أطلقا عليها اسم

سبيزر SPASER (مختصر تضخيم

البلازمون السطحي بابتعاث الإشعاع

المستحث) ومع أن وجود السبيزر وجود

نظري حتى الآن. فإن الباحثين يطمحون طرائق

لتصنيعه باستعمال نقط كمومية شبه موصلة

وجسيمات معدنية، بحيث يحري تحويل الطاقة

الفسية الناشئة عن النقط الكمومية إلى

بلازمونات تخضع بعد ذلك للتضخيم في مرآة

بلازموني. وما كانت البلازمونات المتولدة من

السبيزر أكثر إحكاماً من الحزمة الليزرية

التقليدية، فإن بإمكان هذه الأداة أن تعمل بقدرة

منخفضة جداً، وأن تستثير أجساماً صغيرة

جدا بصورة انتقائية ونتيجة لذلك يُنتظر أن

تكون السبيزرات قادرة على أن تجعل الدراسات

الطيفية أكثر دقة، وأن تمهّد السبيل لأدوات

الكشف عن المواد الخطرة في تعرف مقادير

صغيرة جداً من المواد الكيميائية أو الفيروسات

ولعل من أطرف التطبيقات المفترضة

للبلازمونيات ابتكار قناع للتخفي. ففي عام

1897 نُشر الروائي الإنكليزي «G. H. ويلز»

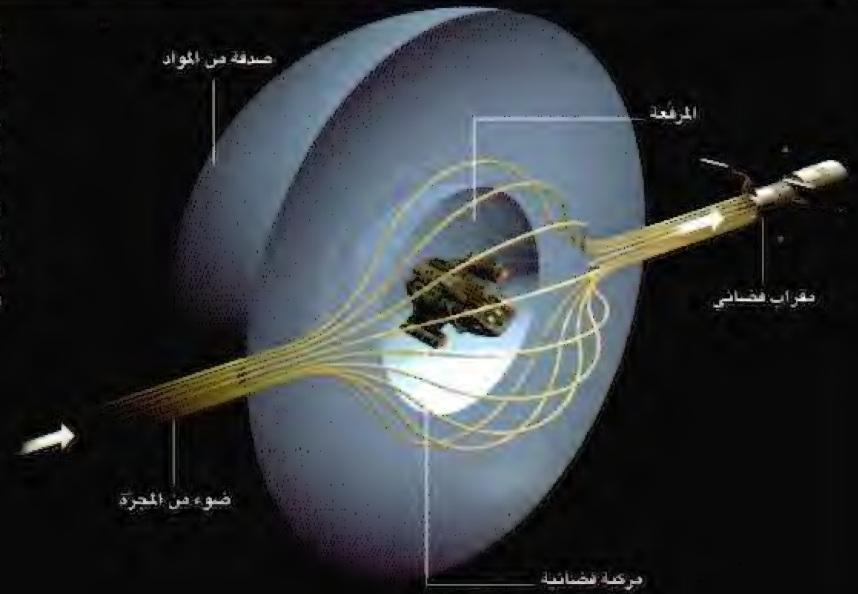
يتغير لون قدح لايفركس. وهو قدح روماني يعود إلى القرن الرابع الميلادي، بسبب الاستفارة البلازمونية للجسيمات المعدنية الموجودة ضمن قالب القدح. فيبدو القدح أحمر اللون لدى وضع منبع ضوئي داخل هذا القدح الضارب - بحالته الطبيعية - إلى اللون الأخضر



surface plasmon amplification of stimulated emission of radiation

كيف قد يمكن لتجهيزة تخفي أن تعمل^(١)

ذهب الباحثون إلى الاعتقاد - نظرياً - بأن للمواد البلازمية القدرة على جعل الأجسام غير مرئية. وفي أحد الاقتراحات تكون تجهيزة التخفي مؤلفة من صدفة تخفية من المواد المرفعة^(٢) ذات خصائص ضوئية استثنائية. تستطيع هذه الصدفة حتى الإشعاع الكهرومغناطيسي حول نجويفها المركزي الذي يمكن أن يخفي مركبة فضائية. فلو صُوِّب مقراب فضائي إلى الصدفة قلن يكشف سوى المجرة من خلفها.



تعرف طرائق جديدة محتملة لنقل البيانات في دارتنا المتكاملة وإضاءة منازلنا ومكافحة مرض السرطان. ولعل الدراسات المستقبلية المتعمقة في هذه الظواهر البلازمية المثيرة تعدّ بمزيد من الاكتشافات والاختراعات المهمة في هذه السبيل.

metamaterials (١)

How a Cloaking Device Might Work (٢)

المؤلف

Harry A. Atwater

استاذ في جامعة هوارد هيويز وأستاذ الفيزياء - التطبيقية وعلم المواد في معهد كاليفورنيا للتقانة تتركز اهتماماته البحثية على التجهيزات الفوتونية فيما دون الطول الموجي^(٣) الحوسبة وتطبيقات التصوير الفيزيائي والطاقة المتجددة. يعمل مع فريق عمله على استنباط بنى نانوية بلازمية. إضافة إلى دراسة استعمال مواد جديدة لتوليد الطاقة الشمسية وتوليد أنواع الوقود الكيميائي بالطاقة الشمسية.

مراجع للاستزادة

Surface Plasmon Subwavelength Optics. William L. Barnes, Alain Dereux and Thomas W. Ebbesen in *Nature*, Vol. 424, pages B24-B30; August 14, 2003.

Plasmonics: Localization and Guiding of Electromagnetic Energy in Metal/Dielectric Structures. Stefan A. Maier and Harry A. Atwater in *Journal of Applied Physics*, Vol. 98, No. 1, Article No. 011101, 10 pages; July 2005.

Plasmonics: Merging Photonics and Electronics at Nanoscale Dimensions. Ekme Ozbay in *Science*, Vol. 311, pages 189-193; January 13, 2006.

Plasmonics: Fundamentals and Applications. Stefan A. Maier. Springer Verlag, 2007.

Scientific American, April 2007

قصة «الرجل الخفي» *The Invisible Man* التي تحكي تجربة عالم شاباً يكتشف كيف يجعل مُعامل الانكسار refractive index لجسده مساوياً لمعامل انكسار الهواء، فصار الرجل غير مرئي. (مُعامل انكسار المادة يمثل نسبة سرعة الضوء في الهواء إلى سرعته في المادة) فإذا استُثيرت بنيةً بلازمية بإشعاع يقارب قيمة ترددها الرنيني. فذلك جدير بأن يجعل مُعامل انكسارها مساوياً لمعامل انكسار الهواء، أي إنها عادت لا تكسر الضوء ولا تعكسه. وغداً بإمكان البنية امتصاص الضوء، غير أنها لو طُليت بمادة تولّد كسباً ضوئياً optical gain أي تُضخم الإشارة المثبوته تماماً كما يفعل المرئان في السييزر - لتعادت الزيادة في الشدة مع نسب الفقد بالامتصاص. ولصارت البنية غير مرئية. على الأقل باستعمال الإشعاع في مجال مختار من الترددات.

على أن قناع التخفي الحقيقي يجب أن يكون قادراً على حجب كل ما هو موجود ضمن البنية، وأن يعمل بفاعلية عند مختلف ترددات الضوء المرئي. ولا شك أن ابتداء مثل هذه الأداة سيكون أكثر صعوبة. ومع ذلك يرى بعض الفيزيائيين أنه غير مستعذر. ففي عام 2006 برهن «B. B. بندري» (من كلية إمبريال الجامعية، لندن) وزملاؤه على أن بإمكان صدفة من المواد المرفعة أن تغيّر - نظرياً - مسار الموجات الكهرومغناطيسية المرحلة عبرها. بحيث تنصرف هذه الموجات لتدور حول منطقة كروية في داخل الصدفة [انظر المظهر في أعلى هذه الصفحة].

صحيح أن رجل ويلز الخفي قد لا يكتب له أن يصبح حقيقة واقعة على الإطلاق، غير أن مثل هذه الأفكار خليقة فعلاً بأن تصوّر كم هي غنيّة تلك الخصائص الضوئية التي تلهم الباحثين في مضممار البلازمونيات، وتمكّنهم - عن طريق دراسة التأثير المعقد والمحكم بين الموجات الكهرومغناطيسية والإلكترونات الحرة - من



تهديدات الحرب، فرص السلام

إن منع انتشار حرب سوف يعتمد على الاستراتيجيات التي تعترف بالمصالح المشتركة للخصوم.

أمام تعاون في المستقبل، إذا عاد الغشاش إلى الالتزام بالعرف. ويمكن أن يعود اللاعب الأول بصورة سمحة لبدء تعاون جديد أملاً في إغراء الغشاش السابق بأن يرد بالمثل. والاستراتيجية

GTFT ناجحة ومتينة لدرجة أن العديد من البيولوجيين التطوريين يفترضون أن هذه الاستراتيجية الأساسية مجبولة إلى حد ما بالمواقف البشرية

لقد شرح «كندي» لاحقاً أفكاره بقوله: «باختصار، لدى كل من الولايات المتحدة وحلفائها. والاتحاد السوفييتي وحلفائه، مصلحة متبادلة عميقة في سلام عادل وحقيقي وفي وقف سباق التسلح وإن الاتفاقيات حول هذه الغاية هي في صالح الاتحاد السوفييتي كما هي في صالحنا وحتى أكثر الأمم عداء. يمكن أن يعتمد عليها لكي تقبل وتلتزم بتلك الالتزامات من المعاهدة، وقطع تلك الالتزامات من المعاهدة. التي هي في صالحها» وأكد على ضرورة تجنب أن يذل المرء خصمه «وفي معظم الأحوال، ينبغي للقوى النووية، ونحن ندافع عن مصالحنا الحيوية، أن تتفادى تلك المواجهات التي تضع الخصم أمام أحد خيارين، إما تراجع مثل أو حرب نووية. واتباع مثل هذا السلوك في العصر النووي سيكون إما دلالاً على إغلاس سياستنا أو على رغبة جماعية بفناء العالم.»

كانت آراء «كندي» راديكالية متطرفة في ذلك الوقت، لكنه كان يؤمن أن إمكانات التعاون لها مبرراتها في إنسانيتنا المشتركة «ففي التحليل النهائي، نجد أن رابطتنا المشتركة والأساسية الأهم، هي أننا جميعاً نعيش على هذا الكوكب الصغير، ونحن جميعاً نتنفس الهواء نفسه، وكلنا نهتم بمستقبل أطفالنا، ونحن جميعاً قانون». وبينما نواجه التحديات والتهديدات الحالية. فسوف ننجح إذا أدركنا أن نظرائنا وخصومنا، مثلهم مثلنا، يريدون البقاء على قيد الحياة وتأمين مستقبل أطفالهم. ومثلما حدث قبل 45 سنة، قد يبرهن التبصر الثاقب على أنه المفتاح لبقائنا أحياء آمنين ■

المؤلف

J. D. Sachs

مدير معهد الأرض Earth Institute في جامعة كولومبيا

Threats of War, Chances for Peace

مع أن تغير المناخ وزوال الغابات ونضوب المياه الجوفية جميعها تهديدات للتنمية المستدامة. إلا أن أكبر تهديد للرخاء في المستقبل يبقى شبح الحروب. في عام 1962، كان العالم على شفا أزمة حرب نووية في أثناء أزمة الصواريخ الكوبية، ويمكن أن يجد نفسه بسرعة في أزمنة مشابهة في جنوب آسيا أو في الشرق الأوسط أو في شبه الجزيرة الكورية أو في أية منطقة ساخنة أخرى لقد تحولت الأزمة الكوبية بفضل بُعد نظر الرئيس «جون كندي» وبراعته السياسية، إلى بداية مراقبة الأسلحة في معاهدة حظر التجارب النووية لعام 1963 ويقدم هذا الاختراق التاريخي دروساً هذا حينها لزمنا الراهن.

إن الأحداث التي جرت بين أواخر عام 1962 ومنتصف عام 1963 معروفة جيداً فقد قام الزعيم السوفييتي «نيكيتا خروشوف» بأن حاول وضع صواريخ أرض-أرض نووية هجومية في كوبا مخابلاً بوعود حول اقتصاص الأسلحة السوفييتية في كوبا على الدفاعية منها. لكن الولايات المتحدة فاجأت السوفييت في منتصف عملية تركيب الصواريخ وفرضت حظراً بحرياً. فوافق السوفييت على سحب الصواريخ الهجومية مقابل التزام من جانب الولايات المتحدة بعدم غزو كوبا وبضمان سري بإزالة الصواريخ النووية من تركيا في وقت لاحق. فبعد أن كانت الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي قاب قوسين أو أدنى من الحرب قاما في غضون أشهر قليلة بتوقيع اتفاقية حظر التجارب النووية

إذا كيف يجري الانتقال من شفا حرب إلى معاهدة سلام اختراقية في أقل من عام؟ كانت نقطة البداية المنهجية لدى «كندي» هي تجنب الخط من قدر الاتحاد السوفييتي أو الإعلان أن الخصم خبيث وكان «كندي» يفترض لدى كل خطوة أن النظراء السوفييت عقلاً، مع أنهم ليسوا بالضرورة معصومين عن الخطأ فيما يختارونه من قرارات وكان يفترض أن الاتحاد السوفييتي يود الحصول على مكاسب تكتيكية حين يتيسر له ذلك، ولكنه سوف يتراجع إذا كان ذلك قد يؤدي إلى تدميره.

سوف يصف علماء نظرية المباريات game theory المعاصرون استراتيجية «كندي» بأنها استراتيجية «واحدة بواحدة، سمحة» (GTFT) generous tit-for-tat. حيث يتخذ لاعب موقفاً متعاوناً طالما اتخذ الطرف الآخر أيضاً مثل هذا الموقف. فإذا بدأ اللاعب الثاني بالغش أوقف اللاعب الأول التعاون معه، لكي يُظهر للغشاش أن هناك عواقب وخيمة لانتهيار هذه التسوية لكن الباب يبقى مفتوحاً بصورة سمحة

معرفة عملية

الإذاعة الساتلية^(١) حُزم الأغاني

وسع الجار أن يستعمل جهاز استقبال عام، لأن مثل هذا الجهاز لا يحمل رقم اشتراك صحيحاً

■ <M> فيسيتي>

(*) SATELLITE RADIO. والساتل هو قمر صناعي

(١) أي يدوران متزامنين مع دوران الأرض فيبدوان ثابتين بالنسبة إليها

(٢) تجهيزة (بنية) تُستعمل لإعادة توليد إشارة بشدتها وبنيتها الأصلية

(٣) line of sight خط مستقيم لا يوجد على طوله ما يحجب رؤية الراصد

(٤) والاعتيان هو أخذ العينات (التحرير)

ساتل XM

تُعبد المكررات^(٢) بث إشارات الساتل. وتستعمل الإذاعة XM عادة عدداً من مكررات صغيرة يوفر كل منها إشارة تراوح قدرتها بين 50 و 100 واط توزع في مواقع مختلفة من المدن الكبرى لملء الفراغات التي تسببها العوائق والانخفاض حولها. أما الإذاعة سيربوس فغالبا ما تستعمل مكرراً واحداً كبيراً لإمداد مدينة كبيرة بقدرة تقع بين 400 و 2000 واط.

جهاز استقبال محمول

يعدان^(٣) جهاز الاستقبال الإشارات الواردة من السواتل والمكررات المتاحة جميعها، ويختار إذاعة أقواها في أي لحظة.



تقع ترددات الوصلة الهابطة downlink frequencies التي تصدرها المرسلات المستجيبة في سواتل الإذاعتين XM و سيربوس، في نطاق الحزم الموجية S. ويشتر كل ساتل قنواته المخصصة على امتداد 1000 تردد ضمن طيف تردده 4 ميكاهرتز يقع بين طرفي المدى المعين للشركة، وتستعمل المكررات الطيف 4 ميكاهرتز الواسطي منها. وتعد أجهزة الاستقبال تجميع الترددات في قنوات باستعمال تقنيات الطيف الممدد spread-spectrum techniques. أما الإذاعة WorldSpace فتبث في نطاق الحزم الموجية L بين الترددين 1467 و 1492 ميكاهرتز.

تستطيع الإذاعة الساتلية أن تبث لك برامج مئة قناة من الموسيقى والأحاديث وأنواع الرياضة عند أي ركن في شوارع بلدك إضافة إلى ذلك يمكن لشخص مجاور لك استقبال مجموعة مختلفة من القنوات، في حين يتعذر على ثالث غير مشترك أن يستقبل شيئاً على الإطلاق إذاً كيف يمكن أن تكون الخدمة عامة تغطي البلد بكامله، وتكون انتقائية بهذا القدر أيضاً؟

تنوّل ثلاث شركات توفير البث الإذاعي الساتلي في العالم: اثنتان موجّهتان إلى الولايات المتحدة وهما الإذاعة الساتلية XM والإذاعة الساتلية سيربوس Sirius؛ وثالثة موجهة إلى إفريقيا وآسيا وأوروبا وهي الفضائية العالمية WorldSpace. أما الإذاعة XM فتستعمل ساتلين ثابتين بالنسبة إلى الأرض geostationary satellites ونحواً من 800 مكرّر repeater أرضي تخفف القدرة منتشرة حول المدن الكبرى، حيث يُحتمل أن تحجب المباني العالية «خط بصر السواتل» (انظر الشكل العلوي). وأما الإذاعة سيربوس فتتكون من ثلاثة سواتل طوافة في مدارات إهليلجية الشكل شديدة الميل، ونحو مئة من المكررات العالية القدرة، يغطي كل منها منطقة حضرية. وكلتا المعماريتين architectures توفر خدمة متساوية الوثوقية، كما يقول <D> كيل [أحد كبار علماء البحث في مختبر الدفع النفاث بكاليفورنيا، ومصمم مضخمات صوتية استعملت سابقاً في مكررات أرضية] يشير <كيل> إلى أن «جهاز الاستقبال لدى المستعمل هو الميكر بين أجزاء النظام جميعها» إذ يلتقط هوائيه antenna الإشارات الصادرة عن جميع سواتل ومكررات إحدى الشركات، سواء كان الجهاز محمولاً أو مركباً في سيارة وتقوم المعالجات الداخلية باعتماد الإشارات الواردة واختيار أقواها، وتقوم بتحويلها حسب المطلوب باستمرار.

يقول <T> سميث [النائب الأول لمدير القناة في الشركة سيربوس] إن مفتاح التغطية في أي مكان وفي أي زمان يمكن إذاً في ثلاثة مستويات من التنوع: فهناك التنوع المكاني spatial diversity، «لأن ساتلاً أو مكرراً قد يصل إلى مستمع ما حيث يفشل ساتل أو مكرر آخر في الوصول إليه» والسواتل والمكررات تبث على أطوال موجية متفاوتة تفاوتاً طفيفاً، محدثة تنوعاً في التردد frequency diversity يستطيع جهاز الاستقبال أن يختار أيّاً من تردداته. كذلك تُرسل الإشارات بتأخر زمني بسيط، فتسبب تنوعاً زمنياً temporal diversity يستدرك أي انقطاعات لحظية محتملة في الإشارة.

إن أجهزة الاستقبال حساسة لجميع القنوات التي تبثها إحدى الشركات، إلا أن جاريّن لا يستطيعان أن يسمعا غير القنوات التي لهما اشتراك فيها. فعند الاشتراك يرسل الساتل رمز تفعيل متوافقاً مع رقم اشتراكه وحيد مختبّر في جهاز الاستقبال يوهر الرمز إلى جهاز الاستقبال بحجب القنوات التي لم يطلبها المشترك. وليس في

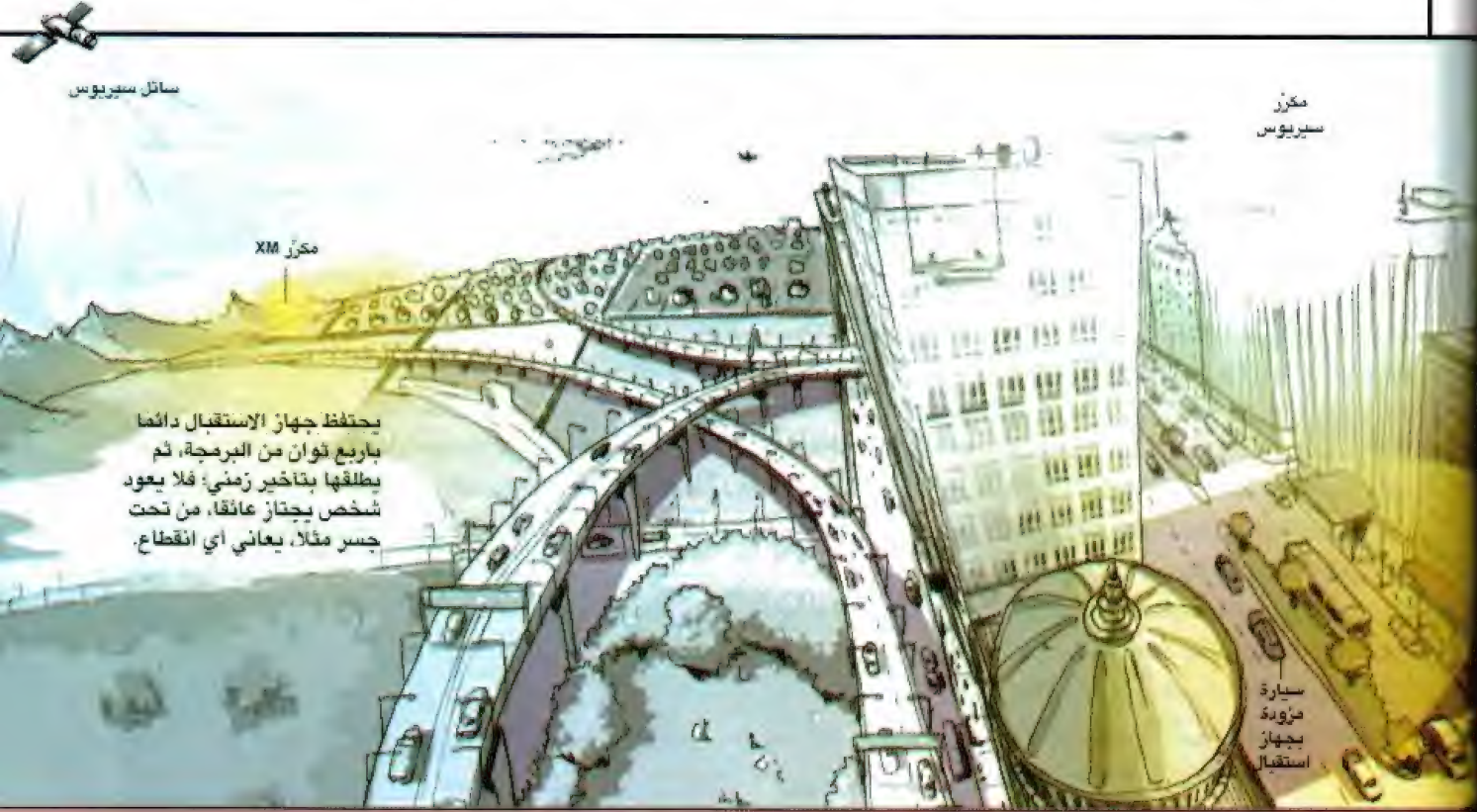
- أنه عن طريق وصف الصوت الذي تحمله قناة ما بعدم مخفض من بتات البيانات، يستطيع الإذاعون حشد عدد أكبر من القنوات (أو الصوتيات العالية الجودة) داخل شريحة طيفهم. دون الحاجة إلى تعديل أجهزة الاستقبال. عندما بدأت إذاعة سيربوس و XM تقديم خدمتهما منذ نحو خمس سنوات، استعملتا نحو 60 قناة. ولكن تحسين أساليب ضغط compress إشارات التغذية من الاستوديو إلى البثائل رفع عددها إلى أكثر من 100 قناة. والأبحاث الصناعية جارية لمعرفة آلية تحسين جهاز السمع والدماغ البشريين بالأصوات المختلفة، بغية استنباط مزيد من خوارزميات الضغط الموفر للمكان.
- أن استديوهات بث إذاعة سيربوس في الطابق السادس والثلاثين من ناطحة سحاب في فانهاين. وقد صبت أرضيتها الإسمنتية على قاعدة كيسية مطاطية ملئت هواة لعزل الأرضية اللوحية عن دعامات

البناء الأفقية؛ وهذا النوع floating يُخمد الذبذبات التي تسببها حركة المرور والحفارات الهوائية وغيرهما من مسببات ضجيج المدن. والتي قد تتسرب إلى إشارة وصلة البثائل الصاعدة. إضافة إلى أن الضجيج يستنفد بتات الإشارة، إلا أن من العسير ضغطه بسبب طبيعته العشوائية.

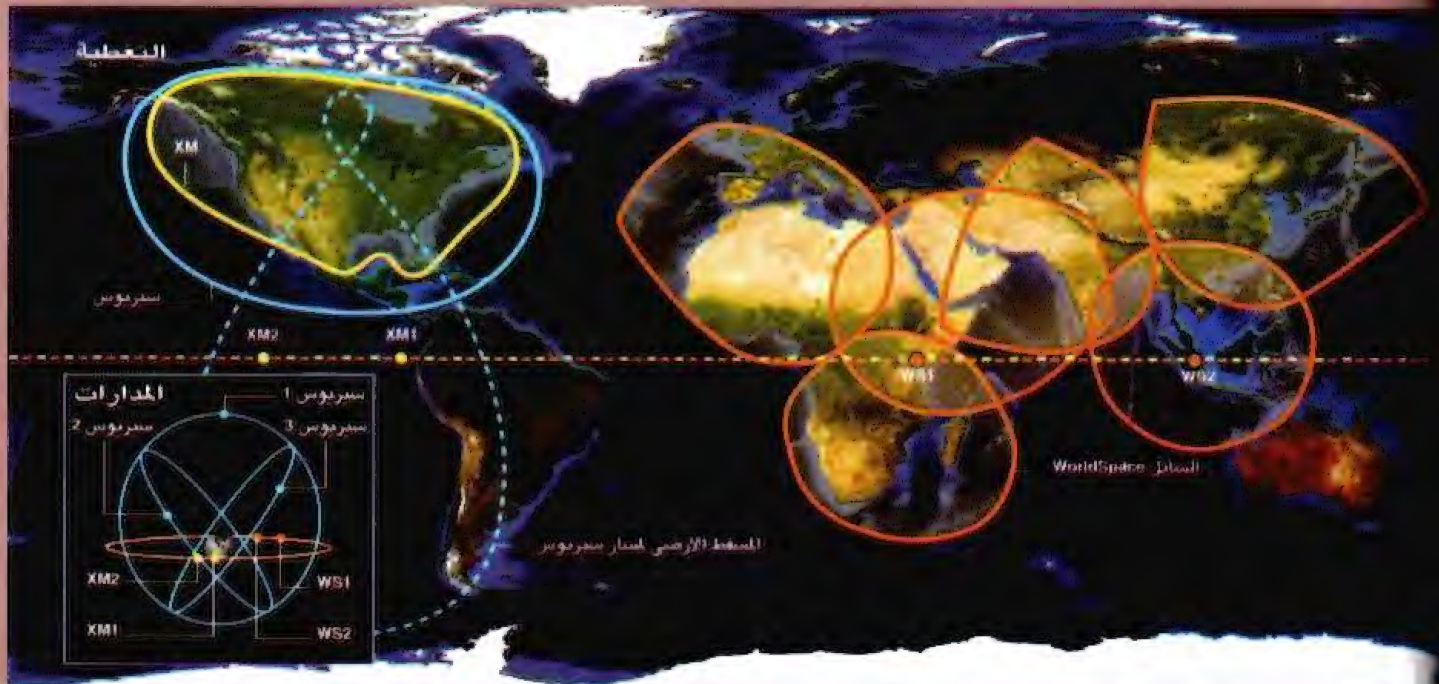
- أن السواتل الإذاعية وكثيرا من السواتل التلفزيونية تبقى ثابتة في مداراتها (تحت تأثير قوتي جذب الشمس والقمر) بفعل حزم من الأيونات Ion beams تنطلق مرتين يوميا لمدة قد تصل في كل مرة إلى ساعة واحدة. ويُذكر أن أكثر من 30 ساتل اتصالات تستعمل حاليا حزم الأيونات هذه التي يقول عنها «كيبيل» [من مختبرات الدفع النفاث] إنها تخفض من كمية الوقود التي يتعين على السواتل حملها إلى الفضاء بعامل 10، عن مقدار الدفع الكيميائي المعتاد.

ساتل سيربوس

مركز سيربوس



يحتفظ جهاز الاستقبال دائما بربع ثوان من البرمجة، ثم يطلقها بتأخير زمني؛ فلا يعود شخص يجتاز عائقا، من تحت جسر مثلا، يعاني أي انقطاع.



عروض ومراجعات كتب

«داروين» في حديقة الحيوان

هل اخترع البشر الصواب والخطأ أم إن هذه المشاعر جزء مما توارثناه عن أسلافنا من الرئيسات؟

الأورانگوتان بالإحباط وخيبة الأمل يشبه إحساسنا (نحن البشر) بذلك إلى حد كبير. هل انتاب هذه القردة شيء من الإحساس بالصواب والخطأ؟ وهل أصيبت باليأس والإحباط بسبب عدم محافظة الحارس على قواعد سليمة في اللعب؟ فهو لم يلعب بأمانة.

لقد بدأ نوعنا الخاص (الإنسان) الكلام بطلاقة وبعاطفة منذ 50 000 سنة على الأقل. ويُعتقد أن الأدلة المتعلقة بمفهوم الصواب والخطأ كانت واضحة في محادثتنا منذ البداية. بدأنا كتابة الأشياء منذ 5000 سنة، وكانت بعض النصوص الأولى ترمز إلى الأخلاقيات، فالأعداد التي لا تحصى مما لدينا من نصوص مقدسة وقانونية ومحاكم عليا ودينا ومحاكم ابتدائية ومحاكم استئناف ومحاكم تمييز، تعد فريدة في عالم الأحياء. ولكن هل نحن البشر من اخترع قيم الشعور أو الإحساس بالعدالة أم إن ذلك يعود إلى مجموعة العواطف الأولى التي ورثناها عن أسلافنا؟ ويتعبّر آخر. هل نشأت مفاهيم الفضيلة أو الأخلاق بالتطور؟

لقد أمضى الباحث «فرانس دة قال» [الهولندي، الألماني المولد، المختص بعلم النفس والأخلاق والرئيسات] جُلَّ حياته العملية في التحري عن سلوك القردة العليا التي غالبا ما تعيش ضمن مجموعات حبسية في حدائق الحيوان. وبدأ منذ كان طالبا شابا يسجل ملاحظاته (يومية لمدة ست سنوات) لمستعمرة من الشمبانزي وهو جالس على مقعد خشبي في حديقة حيوان أرنهم Arnhem وهو اليوم يتابع أبحاثه على الشمبانزي في المركز الوطني لأبحاث

PRIMATES AND PHILOSOPHERS: HOW MORALITY EVOLVED

by Frans de Waal Edited by
Stephen Macedo and Josiah Ober
Princeton University Press, 2006

رئيسات وفلاسفة: كيف تنشأت الأخلاق

تأليف «F. دة قال»

تناولها. ولذا كانت المسكينة «جيني» تطرح نفسها أرضا على ظهرها وترفس وتصرخ، تماما كما يفعل طفل شقي ثائر. - كما كتب «داروين» في رسالة إلى شقيقته يصف فيها هذا المسلك

وكان «داروين» قد دُوّن بعد رحلته في دفاتر مذكراته السرية أسس أفكاره عن التطور من جميع الجوانب والزوايا، حتى العاطفية منها وقد أذهلته نوبة غضب «جيني»، وتساءل ما إحساس الكائن الحي أن يكون من القردة العليا؟ هل إحساس

لم يقابل «شارلس داروين» أحد القردة العليا ape وجها لوجه أول مرة إلا بعد انقضاء سنة ونصف سنة على عودته من رحلته على متن السفينة «بيگل». وكان ذلك في حديقة حيوان لندن، بالقرب من بيت الزرافة وفي يوم دافئ من أواخر الشهر 1838/3. وكانت حديقة الحيوان قد ضمت مؤخرا واحدة من الأورانگوتان orangutan (أو إنسان الغاب) أطلق عليها اسم «جيني» وكان أحد الحراس يغيظها حين يقدم لها تفاحة ولكن لا يلبث أن يبعدها فلا تتمكن من



ملاحظة عاطفية: شمشانزي شاب يواسي آخر كبير السن وهو يصرخ بعد أن هزم في قتال.

DARWIN AT THE ZOO (-) للفظ empathy معنى دقيق محدد وتفيد معاجم اللغة الإنكليزية أنه يعني «القدرة على الدخول في شخصية فرد آخر. وتحيل معاناة تجاربه والإحساس بها»، وهي دلالة لا تؤديها ألفاظ التعاطف والمواخاة والمواساة ونحوها. وفي المعجم البسيط، يقال: لايس فلان فلانا حتى عرف بخلته وباطنه فالملازمة العاطفية هي أقرب المقابلات العربية للمصطلح الأجنبي (التحرير)

الرئيسيات التابع لجامعة إيموري في أتلانتا. وفي حدائق حيوان ومراكز أخرى مختصة بالرئيسيات. وكان يقوم بعمله بالتعاون مع جين كودالز» [الاختصاصية في دراسة الرئيسيات]، مما ساعد على رفع مستوى فهم الحدس الدارويني حول تطور الأخلاق إلى مستوى جديد، واستطاع توثيق عشرات الآلاف من حالات سلوكيات الشمبانزي التي قد نصفها نحن بين أنفسنا بأنها ماكيا قبيلة، وفي حالات أخرى ندعوها غيرية إثارية، بل حتى نبيلة وبرهن «د» قال» في نشراته العلمية وكتبه الشعبية (ومنها، «سياسات شمبانزية، داخلنا القردي وطبيعتنا الطبية»^(١)) أن «داروين» كان مصيبا منذ النظرة الأولى لملاحظاته لـ «جيني» في حديقة الحيوان فنحن نشارك حيوانات أخرى في مشاعرنا الخاصة بالتعاطف sympathy والملاينة العاطفية empathy وإدراك الصواب والخطأ، بل حتى أفضل ناحية من الطبيعة البشرية. الناحية المتعلقة بالاهتمام بالأخلاق والعدالة، هي أيضا جزء من سجاياء الطبيعة.

ويستند كتاب «د» قال» الأخير «الرئيسيات والفلاسفة» إلى محاضرات «تاتز» التي أقيمت في مركز پرستون الجامعي للقيم البشرية عام 2004. وهو يحاول في هذا الكتاب - كما فعل مرارا من قبل - أن يدحض ويفند الصورة الساخرة (الكاريكاتيرية) الشعبية للداروينية فكثير من الناس يعتقدون أننا لكي نتصف بالطيبة واللفظ وحسن السلوك وأن نحسن معاملة الآخرين يجب أن نترفع ونتسامى فوق طبيعتنا الحيوانية في عالم «كلب يعض كلبا» أو كما يقول الرومان *homo homini lupus* أي: الإنسان نئب للإنسان (وهو مثل غريب لقوم أوجدوا القصة الأسطورية التي تحكي قصة الوليد الذي أرضعته الذئبة مع صغيرها كتوام: قصة رومولوس وريموس).

وكان «توماس هكسلي»، الذي نصّب نفسه الكلب الحارس (البولدك) لداروين، قد عزز هذه النظرة الفاتمة الباردة للحياة في محاضرة شهيرة عن التطور والأخلاق، فقال «لا يتعلق التقدم الأخلاقي للمجتمع بتقليد المسار الكوني، ولا بالفرار منه، ولكن بمحاربته». وفي رواية «الإخوة كارامازوف»

لـ «دستويشسكي»، يعبر «إيقان» عن هذا بأسلوب آخر في حال عدم وجود إله سوف نضيق في فوضى أخلاقية. «فكل شيء، صباح» وهذا ما أطلق عليه «د» قال» اسم «نظرية المظاهر الخادعة» Veneer Theory. وفي وجهة النظر هذه تكون الأخلاقيات أو القيم الأخلاقية البشرية مجرد قشرة رقيقة على سطح جرة ماخضة من دعر يغلي

وفي الحقيقة يذكرنا «د» قال» بأن الكلاب اجتماعية، والذئاب اجتماعية، والشمبانزي وقرود المكاك اجتماعية، ونحن أنفسنا «اجتماعيون حتى النخاع»، فالطيبة والكرم والحنان الأصليل يأتوننا بشكل طبيعي تماما كما تأتينا أحط المشاعر فلم نكن نحتاج إلى اختراع الشفقة وعندما بدأ أسلافنا بكتابة أول الأحكام الناطمة للسلوك والمبادئ الأساسية والقوانين والوصايا كانوا يحسّنون في مشاعر نشأت قبل ولادتهم بالآلاف أو حتى ملايين السنين ويذكر «د» قال» في كتاباته أنه «قد تكون الملاينة العاطفية نقطة البداية، بدلا من كونها نقطة النهاية».

وبالعودة إلى الخمسينات والستينات من القرن العشرين. نجد أن علماء نفس الحيوان^(٢)، عندما كانوا يتحدثون عن «التعاطف» والملاينة العاطفية، كانوا دائما يضعون هذين التعبيرين بين علامتي الاقتباس (»««)، وهو ما يذكره «د» قال» الذي يريد الآن إزالة علامات الاقتباس وهو يشرح واحدة من أهم ملاحظاته وشواهد المتعلّقة بحرص الحيوانات على الإنصاف كان يُجري تجربة على أزواج من القرود *capuchin* التي تنجز مهمات بسيطة في أقفاصها المتجاورة وكانت كلما أدت مهمتها بنجاح تنتظر أن تنال المكافأة. التي كانت أحيانا شريحة من الخيار وأحيانا أخرى عنبًا. وكانت جميع القرود تبذل جهدا في العمل لتتال شرائح الخيار. ولكنها كانت تفضل العنب فإذا أعطي أحد القرود الخيار مكافأة له على الدوام وشاهد زميله في القفص المجاور يحصل على العنب فإنه يصاب بنوبة غضب شديد، كما فعلت «جيني داروين» وبعد ذلك يُضرب القرود عن الطعام أو يقوم برمي الخيار خارج القفص هل يُفندُ «د» قال» محققا في كل هذه

الأمور؟ في النصف الثاني من كتاب الرئيسيات والفلاسفة يناقش حججه وينقدها مجموعة من المعلقين والنقاد الذين كان كل منهم قد كتب ونشر دراسات مهمة تتعلق بالأخلاقيات التطورية evolutionary ethics وهم يستشهدون بـ «غرويد» و«كانت» و«هيوم» و«نيتشه» و«آدم سميث»، ويدورون حول تلك الأزواج من القرود المقلّسة

«هل كان المقلّس يرمي الخيار عندما يقدم لرفيقه العنب تعبيرا عن احتجاجه على الإجحاف والإلصاف أم إنه كان فقط ينتظر متطلعا إلى العنب؟» هذا هو السؤال الذي طرحه «Ch» كورسكارد [أستاذ كرسي «آرثر كيجزلي پورتز» للفلسفة في جامعة هارفرد]. أما «Ph» كيتشر [أستاذ كرسي «جون ديوي» للفلسفة في جامعة كولومبيا] فقد كتب، «طبعًا، لو كان المقلّس المحفوظ يرمي العنب حتى يحصل رفيقه على المكافأة نفسها لأصبح الأمر بغاية الأهمية»

إنهم يختلفون ويناقشون ويتخاصمون قليلا، كما هي حال جميع الرئيسيات والفلاسفة وإنهم يسלטون الضوء ليس على التساؤلات الدائمة الأبدية فقط وإنما أيضا على التساؤلات الحالية المتعلقة مثلا باتفاقية جنيف، ولماذا تبدو الملاينة العاطفية العامة مقترحا هشا؟»، كما يرد «د» قال» على منتقديه وفي نهاية الكتاب يبدو الأمر واضحا بأنه لا يمكن الاستمرار في النظر إلى الأخلاق أو الفضيلة على أنها قشرة حضارية رقيقة فوق حيوان بارد وأناني، مع أن وجهة النظر هذه تعود إلى فترة طويلة سبقت ذهاب «داروين» إلى حديقة الحيوان ويمكن أصلها في المفهوم الغربي للخطيئة الأصلية - عندما أكل آدم وحواء، تفاحتها الأولى ■

Chimpanzee Politics, Our Inner Ape and Good Natured
Primates and Philosophers
١٣ يقاله بالعربية «إذا لم تكن ذنبا أكلت الذناب»
a thin crust on a churning urn of boiling funk
animal psychologists

عرض ومراجعة

Jonathan Weiner

حصل على جائزة بوليتزر في عام 1995 عن «منقار الحسون» The Beak of the Finch وهو يُدرّس الكتابة العنقبة في مدرسة الصحافة بجامعة كولومبيا

ذرات محتجزة فوق شبيبة⁽¹⁾

ربما تفضي الشبيبات الميكروية التي تتحكم في الذرات السابحة فوقها إلى ظهور حواسيب كمومية جديدة.



يستطيع حزام ناقل على شبيبة أن يزلق الذرات على امتداد المسار المركزي الذي يبلغ عرضه 50 ميكرونا.

شبيبة نانوية القياس، صنعوها عندما كانوا في جامعة إينسبروك بالنمسا، يعمل جهازهم على أسلاك بعرض 10 ميكرون - وهي أصغر ما استعمل من أسلاك في هذه التجارب - صُنعت بواسطة حفر طبقة من الذهب على ركيزة من زركسيد الكالسيوم. يلاحظ انشطار السلك، وكذا حقله المغنطيسي الموجّه للذرات، إلى شكل Y ويمكن التحكم في التيارات ضمن السلك بحيث يتجه نصف عدد الذرات المتحركة على امتداد جذع الشكل Y إلى داخل إحدى الذراعين، في حين يدخل نصفها الآخر الذراع الأخرى، تماما شأن الفوتونات التي إما أن تنعكس وإما أن تنتقل محمولة على شاطرة حزمة ضوئية. وكان فريق البحث في

مصنوعة بطريقة الطباعة الحجرية⁽²⁾ على سطوح الشبيبات، لتوليد حقول مغنطيسية بإمكانها احتباس الذرات وتوجيهها وهي على ارتفاع عشرات إلى مئات الميكرونات فوق سطح الشبيبة.

ومازال إنتاج الذرات التي تقل درجة حرارتها عن الملي كلفن يُجرى حاليا ضمن مصائد معهودة، ومن ثم تُنقل إلى الشبيبات، على أن يتم ذلك كله داخل حجرة تفريغ (خوائية) vacuum chamber ومن مزايا المنظومات المعتمدة على الشبيبات إحكام أكبر للاحتباس ودقة التصاميم التي يمكن تنفيذها وسهولة بناء المنظومات المعقدة يقول «شميدماير» [من جامعة هايدلبرك]: «إذا نجحت في صنع تجهيزة واحدة على الشبيبة، فانت قادر بالتاكيد على صنع مليون منها»

ولعل من أبسط الأدوات دليل الموجة wave guide، وهو المكافئ لليف ضوئي بالنسبة إلى الذرات⁽³⁾ ذلك أن التيار الكهربائي الذي يمر في واحد أو أكثر من الأسلاك يولد حقلًا مغنطيسيا ينضم إلى الحقول الخارجية ويكون الحقل الكلي أضعف ما يمكن على ارتفاع قصير فوق السلك على امتداد مساره، وذلك يُحدث قناة تحصر الذرات المغنطيسية المبردة، وفي عام 1999 قام «Z D» أندرسون، و«A E» كورنل وزملاؤهما [في المعهد المشترك للفيزياء الفلكية المختبرية وجامعة كولورادو في بولدر] بنقل ذرات مبردة حول عدة منحنيات باستعمال أداة كهذه على ركيزة من السقيير⁽⁴⁾ sapphire كذلك أجرت «M» برينقس ومساعدوها [من جامعة هارفرد] تجارب على توجيه الذرات فوق الشبيبات.

ويتحدث «شميدماير» وفريقه في مقالات حديثة لهم عن شاطرة حزمة للذرات على

حتى عهد قريب كانت مصيدة الذرات الضوئية تتألف من شبكة معقدة من الملفات الكهربائية، تُصنع وفقا لمواصفات محددة، ثم تُضبط ضبطا دقيقا، ويقوم على صيانتها ثلة من طلبة الدراسات العليا المكرسين لذلك. أما اليوم فقد بات بإمكان العلماء تطوير تقانة الشبيبات الميكروية (الصغيرة) لصنع أجهزة منضمة رصينة لاحتجاز سُحب دقيقة من الذرات المبردة والتحكم فيها. وقد عرضت مجموعات بحث في الولايات المتحدة والنمسا وألمانيا نماذج ذرية من الألياف الضوئية والعدسات الشاطرة للحزم الضوئية⁽⁵⁾ beam splitters، إضافة إلى سير (حزام) ناقل conveyor belt مغنطيسي لنقل الذرات بدقة - وجميع ذلك على تجهيزات تشبه في مظهرها شبيبات حاسوبية بسيطة - ويقول «د. رايشل» [من معهد ماكس بلانك للضوئيات الكمومية quantum optics في كارلشيك بألمانيا]: «هذه المصائد الميكروية هي أداة واعدة للحصول على تأثيرات كمومية مترابطة على المستوى الذري، وتلك هي أهم مكونات الحاسوب الكومي»

ومنذ ما يزيد على عقد من الزمن يقوم الفيزيائيون باحتجاز ذرات (كتلك التي تتكون فيما يسمى تجارب تكاثف بوز-اينشتاين⁽⁶⁾) ومعالجتها باستخدام أدوات ميكروسكوبية (مجهريّة) تولّد الملفات الكهربائية في هذه العملية حقولا مغنطيسية تحتبس سحباً من الذرات، وتبردها إلى ما دون جزء من الألف من الكلفن، أي أعلى بقليل من الصفر المطلق. وفي عام 1995 اقترح «G K» ليجرشت⁽⁷⁾ وأحد تلاميذه [في معهد كاليفورنيا للتقانة] إمكان صنع مصائد ميكروسكوبية للذرات على شبيبات. وبعد ست سنوات أصبح الاقتراح حقيقة واقعة باستخدام أسلاك

TRAPPED OVER A CHIP⁽⁸⁾

«شاطرة الحزمة مرآة من نوع خاص تعكس جزءا من الحزمة الضوئية التي تقع عليها، وتنقل جزءا آخر

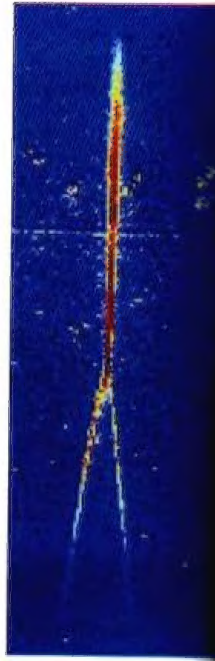
17 Bose-Einstein condensation ظاهرة تشاهد عند دراسة نظم البوزونات، إذ توجد درجة حرارة حرجية تكون تحتها الحالة الساكنة لأدنى طاقة للجسيمات شديدة الانزحام [انظر

«بور اينشتاين»، العلوم، العدد 11 (2000)، ص 54]

13 interferograph

14 ياقوت أزرق (التحرير)

حزمة الذرات تنتشر
بوساطة دليل موجي
مغناطيسي نانوي القياس



كولوراڊو قد عرض في مطلع عام 2000 شاطرة حزمة أكبر مؤلفة من دليلي ذرات يتقاطعان على شكل X ضيق جدا. تنتقل الذرات المنفعلة على امتداد الأدلة الموجية هذه. مدفوعة بطاقتها الحرارية. وقد عرض «رايشل» و«T» هينش»

ومساعدتهما حزاما ناقلا يقوم بترحيل الذرات ترحيلا فاعلا. فقد استعاضوا عن المسار المنتظم ذي الحقل الضعيف فوق سلك الدليل بشبكة أسلاك ذات مسننات تربيعية على كل من الجانبين

تجزئ الأنيوب المغناطيسي إلى سلسلة من مصائد للذرات بطول 0.5 مليمتر ويؤدي تغيير التيارات الكهربائية إلى تحريك المصائد على طول الدليل حاملة ذراتها معها (يمكن الاطلاع على فيلم يوضح هذه العملية في الموقع: www.mpg.mpg.de/~jar/conveyor.html).

ويمكن استعمال الحزام الناقل لتحريك الذرات في حاسوب كمومي من بوابة منطقية إلى أخرى. إضافة إلى إمكان إجراء تجارب أساسية بوسائل شتى، منها مثلا فصل سحابة من الذرات - أو الدالة الموجية لذرة وحيدة - ثم جمعها من جديد بغية دراسة التداخل الكمومي.

على أن بعض القضايا بهذا الشأن مازالت محل تساؤل: فجميع التجارب التي أجريت استعملت فيها ذرات في عدد من الحالات - أي إن السُّحُب لم تكن في حالة كمومية صرفة، وهذا مطلب حاسم للحوسبة الكمومية، التي تعتمد على

انحفاظ الشروط الكمومية مثل التراكب superposition يُذكر أن فريق كولوراڊو و«رايشل» يعملان حاليا على تمرير نواتج تكاثف بور-ايتشتاين عبر تجهيزات الشببيات الميكروية، وهذا يمثل تطورا يؤذن بانطلاق دراسات كمومية حقيقية

ويرى «رايشل» أن مصائد الذرات على الشببيات الميكروية وإن كانت في بداية الطريق، هي من أكثر الوسائل التي يُؤمل نجاحها في مجال الحواسيب الكمومية المتوسطة المرتبة، لأن «من الميسور رفع [الشببيات الميكروية الذرية] إلى أعداد أكبر من البتات الكمومية qubits». ويشير «شميدماير» إلى احتمال ظهور مشكلات قد تفسد الفائدة المرجوة من شببيات الذرات في معالجة المعلومات الكمومية ويقول: «سيتبين لنا في غضون خمس سنوات هل هي مشكلة فيزيائية تستحق الاهتمام، أم أنها أداة يمكننا استعمالها فعلا» ■

<P.G. كولنيز>

عصف القذائف

سلاح إلكتروني لا يحتوي على قطع ميكانيكية ويقذف مليون طلقة في الدقيقة

«عندما يسمع المرء للهولة الأولى عن سلاح ناري لا يحتوي على أية قطعة ميكانيكية متحركة، فإنه ينزع إلى الضحك. لقد حدث الأمر معي شخصيا، واضطرت لأن أمسك نفسي عن القهقهة،» هذا ما يذكره الفيزيائي «أ. درويوت» [من الشركة العالمية للتطبيقات العلمية (SAIC) ومقرها سان دييغو، وهي تهتم بتقييم التقانات الجديدة]. قبل أن يضيف: «ولكن عندما ترى شريط الفيديو المسجل عليه اختبار الرمي، فإن الدافع إلى القهقهة سرعان ما يتلاشى».

والسلاح المعني، الذي أطلق عليه اسم «العاصف المعدني» Metal Storm، غريب عن المألوف، حتى بنظر مخترعه: فهو لا يحتوي على قاذح ولا زناد ولا كتلة

مغلاق، ولا حتى على أغلفة مقذوفات تُلفظ. والأغرب من ذلك أنه قادر على إطلاق النار من ماسورة (سبطانة) واحدة بمعدل مليون طلقة في الدقيقة وبالمقارنة، فإن أسرع الأسلحة النارية المعهودة (المعروفة باسم بنادق كاتلينك Gatling) لا تطلق إلا 6000 طلقة في الدقيقة.

أما أصول العاصف المعدني فهي غير مألوفة أيضا. فقد اخترع السلاح مُرَقِّق حُرَقِي timberer أسترالي يعيش منعزلا ويدعى M. أودوير، وقد كان في السابق يبيع البقالة بالجملة، ولم يدرس في حياته رسميا علم القذائف ولا الهندسة. وكانت براءات الاختراع التي حصل عليها من قبل تتعلق بادوات مثل الأحذية الرياضية المبردة بالهواء («يُضخ الهواء عبرها بفعل الجري» كما يقول). ومع ذلك، وبعد 15

عاما من التجربة والخطأ في منزله في مدينة كوينزلاند طلع «أودوير» بنموذج أولي من سلاح رشاش استطاع أن يطلق 180 طلقة من عيار 9 مم خلال 0.01 ثانية، أثناء عرض جرى مؤخرا أمام عناصر عسكرية في أدليد، وتنطلق طلقات «العاصف المعدني» من ماسورتها بسرعة، بحيث إن الفاصل بين طلقتين متلاحقتين منها من مرتبة الميكروثانية - عندما تنطلق طلقة في الهواء، فإن الطلقة التالية تبعد عنها 10 سم (4 إنشات) فقط إلى الوراء. أما في الأسلحة الآلية المتوافرة حاليا، فإن تلك الفرجة بين الطلقات هي بحدود 30 مترا.

ويقول الرائد «D. كوين» [خبير الأسلحة في «مقر قيادة الدفاع الأسترالية»] إن «بإمكان هذه القناة أن تحل محل التقانات

TAKING BALLISTICS BY STORM (١)

١. أوائل المعادن

breachblock. ٢

٣. مصطلح عام (على قدر استطاعته)

٤. أي جزء من مليون جزء من الثانية (التحرير)



سلاح ناري إلكتروني متعدد الماسورات يعرضه مخزعه «A» أودوير».

الشركة SAIC للمساعدة على تطويره أكثر وقد حضر «A» ملتون» [المسؤول الأسبق عن مشتريات السلاح لصالح الجيش الأمريكي والمدير الحالي لمختبر الرؤية الليلية التابع للجيش] اختبار رمي أجري على «العاصف المعدني» في أستراليا عام 1998، وقال بإعجاب «برأيي، يمثل «العاصف المعدني» منحى تجديديا حقيقيا في مجال الأسلحة الفتاكة. وفي حال تطويره أكثر، فستكون له إمكانيات كبيرة في مجال نظم الأسلحة الدفاعية، التي يمكن أن تفيد من معدل رشق النار الفائق الذي يتميز به»

ويبدو أن أكثر ما يثير دهشة الخبراء في هذه التقنية هو مصدرها. ويعلق «دروبوت» على ذلك «أحيانا، يحتاج الأمر إلى شخص غير اعتيادي للإتيان بأفكار جديدة وأكثر ما يدهشني هو أن «أودوير» أثناء صنعها لم يُفجّر ماسورة أو يقتل نفسه ■

propellant (١)
sympathetic ignition (٢)

المؤلف
Dan Drollette

كاتب من أستراليا

من الأسلحة ذات الإطلاق الكهربائي. فمثلا، قامت مختبرات سانديا الوطنية بتطوير مدفع ذي ملف (وشيعه) كهرومغناطيسي يسمح بدفع سواتل تزن 100 كغ إلى مداراتها. ولكن عددا من الفوارق يميز بين هذين النهجين، كما يلاحظ «٧» بوري» [الباحث الرئيسي في المنظمة الأسترالية لعلوم الدفاع وتقاناتها] إذ «يتطلب المدفع ذو الملف الكهرومغناطيسي قدرا كبيرا من الطاقة، وهو يسمح بالحصول على سرعات عالية، ويدفع أجسام كبيرة إلى مسافات بعيدة. وعلى العكس من ذلك، يحتاج «العاصف المعدني» إلى قدر أقل من الطاقة، ويعمل بمعدلات سرعة أدنى، ويستخدم حشوات متفجرة عادية، فهو يطلق قذائف أصغر حجما لمسافات أقصر ولكن بعدد أكبر في الدقيقة».

ويشير أودوير إلى ميزة أخرى من مميزات الأسلحة من نمط «العاصف المعدني». لما كانت الإلكترونيات جزءا متكاملًا من صناعة تلك الأسلحة، فإن ذلك يساعد على إدماع اليات أمان وحماية إلكترونية فيها، مثل كتلة مفاتيح وقائية فإذا حاول مستخدم غير مخوّل تجاوز أمان السلاح عن طريق تعطيل الآلية الإلكترونية، فإن السلاح ببساطة لن يطلق النار وللجهاز أيضا استخدامات عديدة غير عسكرية، كما يلحظ «دروبوت»، فيمكن لنموذج معدك منه أقل سرعة أن يحل محل المطارق الآلية للمسامير التي يستخدمها النجارون وعمال البناء، وأن تكون مفيدة في أعمال البرشمة riveting، وفي تطبيقات صناعية أخرى.

ويلاحظ «كوين» أن تقانة السلاح ما زالت تحتاج إلى ضبط دقيق إضافي، فهي مثلا لا تسمح إلا برمي طلقات من عيار صغير نسبيا. ولكن فيزيائيين مثل «بوري» يقولون بأن التصميم الأساسي «متين للغاية». وتقوم المفوضية الأسترالية للتجارة بالترويج للسلاح، الذي جذب إليه الأنظار في أستراليا وبريطانيا.

وفي الولايات المتحدة، قامت شركة جنرال ديناميكس General Dynamics باختبار السلاح، وجرى التعاقد مع

المعتمدة لدينا حاليا في ميدان المعركة، فالسلاح المعني مثالي في ظروف الالتحام، مثلا عند الدفاع عن السفن ضد الصواريخ القادمة. وقد علق «كوين» قائلا، إنه يمكن استخدام هذا المدفع الرشاش لكسح الألغام البرية في المناطق المفتوحة، كالصحراء الكويتية مثلا، بأن تحلق حوامة فوق الرمال وتظهر حقل الألغام عن طريق رشه من بعد، مؤدية إلى تفجير الألغام من دون ضرر.

ويعمل السلاح عن طريق الجمع بين طلقات مصممة تصميميا خاصا والية إطلاق إلكترونية يصفها «أودوير» بأنها «ماسورة معلق فيها سلك كهربائي» وتتصطف الطلقات المجردة من غلافها المعدني داخل الماسورة رأسا لعقب، بحيث تفصل بين الواحدة والأخرى طبقة من المتفجر الداسر. وعندما يمر تيار كهربائي في السلك، تندفع الطلقات واحدة تلو الأخرى، وكي تُمنع تلك الطلقات من الانفجار في الوقت نفسه - وهي مشكلة سبق أن صوبت عندما وُضعت طلقات عديدة في ماسورة واحدة - فقد صمم «أودوير» الطلقات كي «تعمل معا». فالضغط العالي الناجم عن إطلاق القذيفة الأولى يجعل رأس القذيفة التالية في الصف «يتنفخ» ضاغطا على الجدار ومكونا سُدادة مؤقتة تغلق الطريق أمام باقي الطلقات في الماسورة (باستخدام مصطلحات علم القذائف، يعمل رأس القذيفة التالية فعليا عمل كتلة المغلاق لمنع حدوث اشتعال متوالف) يصعب السيطرة عليه). وبعد أن تخرج الطلقة الأولى، ينخفض الضغط وينكمش رأس القذيفة التالية فتصبح قادرة على الانطلاق. وتستمر هذه العملية تباعا من أجل كل طلقة.

وباستثناء الطلقات ذاتها، لا توجد أية قطعة أخرى متحركة. ومن أجل الحصول على مزيد من الطاقة النارية، يمكن تركيب عدة ماسورات جنبًا إلى جنب وعندما تُستهلك إحدى الماسورات، تُطرح جانبًا أو تعاد إلى المصنع لحشوها من جديد. لقد جرت من قبل تجربة أصناف متنوعة

في احتفال أقيم في الحديقة الوردية بالبیت الأبيض عام 1993، أعلن بحفاوة بالغة عن ولادة «الشراكة من أجل جيل جديد من الآليات». وقد قُدمت تلك الشراكة كواحدة من المحاور التقنية الاستراتيجية لدى إدارة الرئيس «كلينتون». ففي تعاون غير مألوف النطاق، جرى الاتفاق على أن تقوم المختبرات الوطنية التابعة للحكومة، وصانعو السيارات «الثلاثة الكبار» في الولايات المتحدة، ومقاولوهم الفرعيون الكثر، بالعمل معا خلال عقد من الزمن من أجل صنع «سيارة خارقة» تتمتع بمعدل لكفاءة الوقود (استهلاكه) مساو لـ 80 ميلا في الكالون^(٢) (أي ما يعادل 3 لترات لكل 100 كم)؛ وبمعدل منخفض لانبعاث الملوثات، وتنصف بوجه خاص، من حيث الأداء والسلامة والراحة والسعر، بالمواصفات نفسها التي تنصف بها سيارة سياحية متوسطة الحجم تتسع لخمس ركاب.

وقد كان المنطق الذي استندت إليه فكرة الشراكة سديدا، وهو إعطاء دفعة تنشيط الابتكار في المختبرات الوطنية (التي كانت وقتها تبحث عن مهمة جديدة لها بعد انتهاء الحرب الباردة) عن طريق تمويل البحث والتطوير في مجال التقانات ذات المجارفة العالية أو التي يُتوقع أن تكون عوائدها الاقتصادية بعيدة الأمد، إلى درجة لا تشجع صانعي السيارات على المضي فيها على حسابهم الخاص.

ولكن الواقع لم يرق إلى مستوى ذلك المنطق. فبعد المضي في منتصف طريق مشروع السنوات العشر المنشودة، وجد بعض خبراء التقانات المتقدمة في السيارات أن الشراكة لم تعط إلا ريعا ضئيلا جدا في مقابل بليون دولار التي أنفقت تقريبا على البرنامج، والتي دفعت الحكومة حوالى نصفها. هذا في الوقت الذي أقر الموظفون الرسميون في الشراكة أنفسهم بأن بناء نموذج أولي جاهز لإنتاج سيارة تبلغ كفاءة الوقود فيها 80 ميلا/كالون وتفي بجميع

المعايير الأخرى، هو أمر بعيد الاحتمال. وتبدو مواطن الضعف أكثر وضوحا على ضوء نجاح شركة تويوتا في إنزال عربة هجينة متطورة إلى السوق.

وفي الوقت ذاته، واجهت الشراكة عددا من المشكلات، منها بالبنية الإدارية الصعبة المراس، وعدم وضوح مستقبل شركة ديمر كرايسلر - ومقرها ألمانيا - ضمن البرنامج المدعوم فدراليا. ولعل أبرز تلك المشكلات هو الهدف الطموح الذي وضعته الشراكة لنفسها للوصول إلى كفاءة وقود مساوية لـ 80 ميلا/كالون، والذي يعتقد بعض النقاد أنه لم يكن واقعا على الإطلاق.

وبحسب ما يراه النقاد، فإن هدف كفاءة الوقود هذا - قل عنه ما شئت سوى أنه ممكن التحقيق - يجبر الباحثين، مدة أطول مما ينبغي، على الجد في طلب تقانات بعيدة المثال، مثل «الحدافات» plywheels والمكثفات الفائقة السعة. وبحسب ما يرى «أ. كوكوني» [مصمم الآليات الكهربائية والهجينة الشهير] «كان هناك اختيار غير مبرر نحو التقانات الطبيعية غير الناضجة، والتي لم يكن لديها كبير حظ في النجاح». وأضاف: «لقد التزموا ببعض المتطلبات بشكل جازم إلى درجة أنهم لم يصلوا إلى نتيجة على الإطلاق».

أما «ت. كيج» [أحد المسؤولين التنفيذيين السابقين في كرايسلر] فقد ذكر أن الشراكة باشرت أعمالها في أوائل التسعينات وأضعة هدفا مفرطا في الطموح، وكانت بعض غاياتها استرضاء مسؤولي حماية البيئة. وقال «كيج»: «لقد نجت الصناعة من محاولة قوية استهدفت رفع قانون [وسطي كفاءة الوقود] إلى معدل (40 ميلا/كالون)». وأضاف: «إن الشراكة قد نجحت في تهدئة خواطر مسؤولي حماية البيئة بأن وضعت نصب أعينها هدفا ليس هو نفسه مئاكدا «حتى من كون هذا الهدف ممكنا من الناحية الترمودينامية وطبعاً، يعتمد ذلك على الفرضيات التي يضعها المرء. والفرضيات التي وضعتها أنا شخصيا تدل على أن الأمر غير ممكن من

أجل سيارة بالحجم الكامل وتتسع لخمس ركاب وقد كانت الشراكة بديلا عن اعتماد سياسة واقعية وفعالة في مجال الاقتصاد في الوقود. وفي حين كانت تلك الشراكة تمضي قدما، تمكّنت الشاحنات الخفيفة من اقتناص 50% من مبيعات السوق، وبمعدل كفاءة وقود يقع في المجال 13-17 ميلا/كالون. لقد عدنا ثانية إلى السبعينات».

كما انتقد «ت. ووك» [وهو مستشار محكّن في مجال العربات الهجينة] أهداف الشراكة الطموحة، ولكن لسبب مختلف. عندما صرح قائلا «إن شركات فورد وجنرال موتورز وكرايسلر تريد الفوز بالسعفة الذهبية منذ الضربة الأولى». وأضاف: «فيما كنا نتكلم عن السيارات الهجينة، كان اليابانيون يصنعون واحدة منها» مشيرا إلى سيارة بريوس Prius من صنع شركة تويوتا، وهي ليست تماما السيارة الخارقة التي تتصورها الشراكة، لكنها سيارة سياحية صغيرة يقع معدل كفاءة الوقود فيها بين 50 و 66 ميلا/كالون وقال «ووك»: «إنها مع ذلك تكون قاعدة صلبة يمكن البناء عليها». وفي الوقت نفسه، ألح أحد المسؤولين التنفيذيين لدى الثلاثة الكبار على أن «تركيز الاهتمام على هدف الـ 80 ميلا/كالون، إن كان له دور، فهو التخفيف من الضغط على التقانات التي نريد إنزالها إلى السوق على المدى الأقرب».

ولكن أنصار الشراكة وجدوا أن الأهداف

(١) WAITING FOR THE SUPERCAR

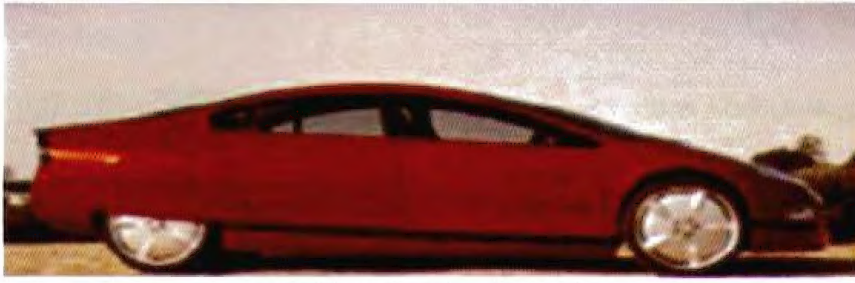
(٢) the Partnership for a New Generation of Vehicles

(٣) وهي شركات فورد وجنرال موتورز وكرايسلر ومؤخرا اتحدت الشركة الأخيرة مع شركة ديمر-بنز الألمانية، فظهرت إلى الوجود شركة ديمر كرايسلر

(٤) أو نحو 700 كم في الصفحة سعة الـ 20 ليترًا بحسب المقاييس المتبعة في بلادنا (والكالون في الولايات المتحدة يعادل 3.785 لتر)

(٥) ويقال أيضا المخابر، جمع مخبر تستمد السيارة الهجينة طاقتها من مصدرين مختلفين، مثلا الوقود والكهرباء، كما هو مقصود في هذه المقالة

(٦) أو عجلات تنظيم السرعة. (التحرير)



سيارة «دودج إنترپيد» الهجينة قد تكلف أكثر من سيارة معهودة، وذلك وفق توقعات ديمر كرايسلر

واضعي الأنظمة في واشنطن والصناعة». ويوافق «S تيسمر» [من ديمر كرايسلر] على ذلك مضيفا أنه بفضل تمثيل الهيئات الواضحة للأنظمة (مثل وكالة حماية البيئة) في الشراكة، أصبح «بإمكاننا على الأقل إجراء حوار حول جداول الأعمال الخاصة بكل واحدة من هذه الهيئات» وفي جنرال موتورز. قال مدير برنامج الشراكة «R يورك» إنه بفضل البرنامج «تعلمنا أن نجتمع الفائدة من العمل التعاوني والعمل التنافسي لإنجاز المطلوب». وقد كان الثلاثة الكبار محرومين من التعاون حتى منتصف الثمانينات. أما منتقدو الشراكة، فقد الحوا من جهتهم على أنه كان بالإمكان تحقيق تلك الإنجازات بقدر أقل من التكاليف.

إضافة إلى جميع العقبات التقنية، فإن أحد التحديات الأكثر صعوبة التي ستواجه صانعي السيارات في السنوات القادمة هو التسويق: إذ يبدو أن مقتني السيارات غير راغبين، أكثر من أي وقت مضى، في دفع أي مبلغ إضافي مقابل الحصول على كفاءة وقود أفضل. وكما لاحظ «فازيو» «النقطة الجوهرية هنا هي محاولة تطوير ثقافة لا تضطر المستهلك إلى دفع تكلفة زائدة مقابل الحصول عليها» تلك هي «القضية الاستراتيجية الأخطر التي ستواجهها».

قبل أعوام، عندما ساعد دعم «ال كور» على جعل «الشراكة» من أجل جيل جديد من العربات (PNGV) «حقيقة واقعة، كان نائب الرئيس الأمريكي كثيرا ما يقارن ذلك البرنامج بمشروع أبولو. ولم تخف تلك المقارنة على «فازيو»، الذي يملك رؤيته الخاصة لها «هذا المشروع أصعب من الذهاب إلى القمر. لأننا نحاول أخذ 200 مليون أمريكي معنا».

«G زوريت»

ومنذ عام 2001 تخضع نسبة متزايدة الارتفاع من الآليات المباعة في كاليفورنيا لحدود ULEV. وبحلول عام 2010، يُفترض في معظم السيارات المباعة في الولاية ألا تكون أكثر تلويثا للبيئة من حدود ULEV. وقد تؤدي هذه الحقيقة بالشراكة إلى مشكلة، لأن معدلات الانبعاث الخاصة بذلك النوع من الآليات قد تكون مستحيلة التحقيق في السيارة الخارقة، إن كانت لها الخصائص الأخرى المتبتغة.

أما في السيارات الهجينة الكهربائية، فإن مجرد الاقتراب من معدل كفاءة وقود مساو لـ 80 ميلا/كالون، سيتطلب على الأغلب استخدام محركات الديزل، المشهورة في ارتفاع معدل انبعاث الجسيمات الدقيقة منها وفي المقابل، فإن استخدام المحرك المعهود ذي الاحتراق بالشرر يمكن أن يحقق مطلب إطلاق الجسيمات الدقيقة، ولكن سيكون من غير المحتمل عندها تحقيق مطلب كفاءة الوقود وانبعاث الأكاسيد NO_x المنخفض. ويقر «جوي» قائلا: «إن الجمع بين معدلي هذين الانبعاثين المنخفضين سيضعنا أمام عقبة تقنية فريدة من نوعها».

وخلال ذلك، قام كل واحد من صانعي السيارات الثلاثة الكبار، تدليلا على مدى تقدمه، بالعمل على إنتاج عربة هجينة. وعندما سُئل مديرو الشراكة كيف، بالضبط، أفادت الأفكار المستخدمة في تلك السيارات من البرنامج، لم يكن باستطاعة أي منهم أن يحدد مباشرة ثقافة بعينها انبثقت عن عملهم التعاوني مع الحكومة. ولكنهم جميعا أعلنوا دعمهم المفعم بالثقة للشراكة.

وربما كان الأمر الأكثر مغزى هو أن هؤلاء المديرين أكدوا أن التحالف له فوائد بارزة خارج المضمار التقني. فقد ذكر «فازيو» [مدير برنامج الشراكة لدى فورد] بأن البرنامج له أثر مساعد في «تعزيز مقدار الثقة بين

الطموحة كانت مُحفزة. وقد قال «A موراى» [المسؤول التنفيذي عن متابعة عمليات الشراكة لدى فورد] عن هدف الـ 80 ميلا/كالون: «لقد مرت بنا جميعا أوقات عصيبة ونحن نحاول «ابتلاع» هذا الهدف والبدء بالعمل لتحقيقه ولكن ذلك دفعنا لإعادة النظر في كل جانب من جوانب الآلية. لذا ينبغي لنا الاعتراف له بشيء من الفضل». أما «G جوي» [رئيس مجموعة العمل الفنية الخاصة بالشراكة لدى وزارة التجارة، وهي الهيئة الحكومية صاحبة الصدارة في البرنامج] فحاول البرهان على أن الشراكة ستحقق نجاحا باهرا «إذا تدبرنا الأمر بحيث نخرج بألية معتدلة السعر ورفيعة للبيئة». ويقع معدل كفاءة الوقود فيها بين 55 و60 بدلا من 80 ميلا/كالون، لكنها في المقابل تحقق التطلعات المتوخاة من السيارة الخارقة إضافة إلى ذلك، فإن المسؤولين التنفيذيين في الشراكة ركزوا اهتمامهم على هدفين آخرين أقل شيوعا: تحسين التنافسية التصنيعية بوجه عام، والإتيان بتقانات جديدة إلى مجال إنتاج الآليات من أجل تحسين كفاءة الوقود ومستوى انبعاث الملوثات.

ولسوء حظ هؤلاء المسؤولين، فإنهم لم يكونوا يعرفون المواصفات القياسية لانبعاث الملوثات التي يجب أن يعملوا على تحقيقها. فالعايير المعروفة باسم Tier 2، والتي تُعنى أساسا بالجسيمات الدقيقة والأكاسيد النتروجينية (NO_x) كانت قيد الصياغة في وكالة حماية البيئة EPA.

وتقع توصية الوكالة EPA الخاصة بانبعاث الأكاسيد NO_x تحت حد الـ 0.2 غرام في الميل الواحد، ولا تزيد بالنسبة إلى الجسيمات الدقيقة على 0.04 غرام في الميل (في الولايات المتحدة عادة محيرة: هي خلط وحدات النظام المتري مع الوحدات الإمبراطورية البريطانية في معدلات انبعاث الملوثات!) وهناك ضغط متعاظم يدفع نحو تطابق حدود الانبعاث في مواصفات Tier 2 مع أحدث المواصفات الخاصة بالآليات ذات معدلات الانبعاث المتدنية للغاية (ULEV) التي أصدرها «مجلس الموارد الجوية في كاليفورنيا»، وهي 0.05 غرام/ميل بالنسبة إلى الأكاسيد NO_x و 0.01 غرام/ميل فيما يتعلق بالجسيمات الدقيقة.